

# **REG**

**Ressourceneffiziente Gebäude  
Für die Welt von Übermorgen**

## **Forschungsbericht**

*Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages*

*Förderkennzeichen 0327240E*

*Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.*



**Autoren:**

|  |               |
|--|---------------|
| Dipl.-Ing. (FH) Martin Baar              | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Gerhard Bader                 | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Christian Baun           | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Alexander Blickle        | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Viktor Frese                  | Ed. Züblin AG |
| Harald Geldmacher                        | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Markus Genswein          | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Daniela Greiner               | Ed. Züblin AG |
| B.Eng. B.A. Xenia Gordienko              | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Stephan Hasslacher            | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Kfm. Peter Huff                    | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Konstantinos Kessoudis        | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Thomas Knabe             | Ed. Züblin AG |
| Dr.-Ing. Boris Mahler                    | EGS-plan GmbH |
| Dipl.-Ing. (FH) Bettina Luik             | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Architekt Andreas Offele      | Ed. Züblin AG |
| Dr.-Ing. Ian Quirke                      | Ed. Züblin AG |
| Dipl. Ing. (FH) Jürgen Russ              | STRABAG AG    |
| Dipl.-Ing. (FH) Holger Sack              | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Christian Schaffer       | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Frank Schley                  | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. (FH) Architekt Ulrich Schweig | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Architekt Joachim Servos      | Ed. Züblin AG |
| Dipl.-Ing. Architekt Andreas Siegels     | Ed. Züblin AG |
| B.Eng. Martin Wachinger                  | Ed. Züblin AG |
| Dr.-Ing. Thorsten Weil                   | Ed. Züblin AG |

## **Inhaltsverzeichnis**

|          |  |                   |
|----------|--|-------------------|
| <b>1</b> | <b>Projektmanagement</b>                                 | <b>23 Seiten</b>  |
| <b>2</b> | <b>Auswahl und Vorbereitung</b>                          | <b>19 Seiten</b>  |
| <b>3</b> | <b>Analyse der Nullmessung</b>                           | <b>688 Seiten</b> |
| <b>4</b> | <b>Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen</b>       | <b>334 Seiten</b> |
| <b>5</b> | <b>Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse</b> | <b>159 Seiten</b> |
| <b>6</b> | <b>Untersuchung innovativer Ansätze</b>                  | <b>106 Seiten</b> |
| <b>7</b> | <b>Fazit</b>   | <b>27 Seiten</b>  |

### **Anlagen**

# 1 Projektmanagement

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Projektmanagement</b> .....   | <b>3</b> |
| 1.1      | Ausgangssituation.....   | 3        |
| 1.2      | Forschungsziel/Ergebnisse/Lösungsweg .....   | 5        |
| 1.2.1    | Forschungsziel.....  | 5        |
| 1.2.2    | Angestrebte Forschungsergebnisse .....   | 5        |
| 1.2.3    | Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen (EnOB) .....                                       | 6        |
| 1.2.4    | Innovativer Beitrag und Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse .....                          | 6        |
| 1.3      | Arbeitsteilung und Zusammenarbeit der Projektpartner (Projektstruktur).....                            | 7        |
| 1.4      | Arbeitspakete in der Phase 1 .....   | 8        |
| 1.4.1    | Projektmanagement .....  | 8        |
| 1.4.2    | Auswahl und Vorbereitung .....   | 9        |
| 1.4.3    | Analyse als Nullmessung .....  | 10       |
| 1.4.4    | Praxistauglichkeit von verfügbaren Innovationen .....  | 14       |
| 1.4.5    | Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse<br>und einer durchgängigen Innovationsplattform..... | 16       |
| 1.4.5    | Innovative Optimierungsansätze .....   | 18       |
| 1.4.7    | Dokumentation, Auswertung und Schlussanalyse .....   | 21       |
| 1.5      | Literaturverzeichnis .....   | 22       |

## 1 Projektmanagement

### 1.1 Ausgangssituation

In Anbetracht des drohenden Klimawandels wird es notwendig, neue Qualitätsstandards und neu entwickelte Technologien in das Bauwesen einzuführen. Immobilien verbrauchen heute durch Bau und Betrieb einen wesentlichen Anteil der natürlichen Ressourcen. Im Bausektor werden 40% der benötigten Endenergie verbraucht, 30% aller Treibhausgasemissionen und 60 % des gesamten Abfallaufkommens produziert. Hieraus kann ein großes Potential an energetischen und ökologischen Einsparmöglichkeiten beim Bau und Betrieb von Gebäuden abgeleitet werden. Bei Sanierung aller Bestandsgebäude und einer entsprechenden Ausbildung von Neubauten bis zum Jahr 2020, könnten pro Jahr 40 Mrd. Euro an Heizkosten und ca. 150 Mio. t CO<sub>2</sub> eingespart werden. Um diese Einsparpotentiale konsequent realisieren zu können, ist es notwendig, tiefgreifende Veränderungen im Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden vorzunehmen.

In den letzten Jahren wurde das Thema Ressourcen- und Energieeinsparung im Rahmen zahlreicher Forschungsinitiativen behandelt, wie beispielsweise:

- Hightech-Strategie der Bundesregierung
- Förderkonzept Energieoptimiertes Bauen (EnOB) mit Energieoptimierten Neubauten (EnBau) und Energieoptimierte Altbauten ( EnSan)
- IKT 2020; IKT im Bauwesen
- Zukunft Bau

Im Laufe der Zeit sind u.a. aus den vorgenannten Forschungsinitiativen zahlreiche vielversprechende Einzelentwicklungen hervorgegangen, die sich jedoch bisher auf dem Markt nicht als Standards etablieren konnten. Dies wird zumeist durch die überwiegend monetär orientierten Entscheidungskriterien verhindert. Zusätzlich sind aufgrund fehlender praxistauglicher Software die Auswirkungen solcher Einzelentwicklungen nicht berechenbar und deren Anschaffungskosten sehr hoch.

Im Sinne eines nachhaltigen, verantwortungsvollen Umgangs mit Ressourcen müssen Immobilien der Zukunft diese wesentlich effizienter nutzen. Gleichzeitig müssen sie sich an die wechselnden Bedürfnisse der Nutzer und die veränderlichen Umwelteinflüsse bestmöglich anpassen. Grundvoraussetzung hierfür ist, den Lebenszyklus von Gebäuden ganzheitlich unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz zu betrachten, sowie Technologien zu entwickeln und interdisziplinär anzuwenden.

In diesem gesamtheitlichen Kontext wird sowohl von seiten der Regierung als von seiten der Fachöffentlichkeit der Blick in „die Welt von Übermorgen“ diskutiert, die letztendlich der Maßstab für alle zukünftigen Anstrengungen sein muss, um den Herausforderungen gerade auch im Energiesektor gerecht zu werden.

Geht man zunächst nur einen Schritt voran, den in „die Welt von morgen“, lässt sich dafür folgende Festlegung ableiten:

**Ressourceneffiziente Gebäude von Morgen haben im Betrieb eine Primärenergiebilanz mit dem Ergebnis 0.**

Zwar können Heute Nullenergiegebäude gebaut werden, aber der hierzu notwendige Aufwand zur Erzeugung regenerativer Energie, wie zum Beispiel mit großflächigen Photovoltaikanlagen, ist groß. Gemessen an den heutigen Energiekosten (Öl, Gas, Strom) lässt sich dieser Aufwand nicht wirtschaftlich darstellen.

Ein prominentes Projekt, das sich mit dieser Fragestellung auseinandersetzt, ist die Planung der CO<sub>2</sub>-freien Ökostadt Masdar, 30 Kilometer westlich von Abu Dhabi. Auch hier wurden, bis das Projekt gestoppt wurde, nur CO<sub>2</sub>-Verbräuche in die Überlegungen einbezogen.

Als richtungsweisend gilt das im Oktober 2007 in Stuttgart vorgestellte Klimaschutzprojekt „Triple Zero“.

„... Durch „Triple Zero“ sollen nun Gebäude entwickelt werden, die keine schädlichen Emissionen abgeben, also weder Luft noch Boden belasten und keine fossilen Energien und Ressourcen verbrauchen ...“.

(Quelle: <http://www.stuttgart.de/item/show/273273/1/9/221877?>)

Das Triple Zero ist ein von Prof. Dr. Dr. Werner Sobek entwickelter Standard. Das Triple Zero Gebäude benötigt keine (NULL) Energie, es produziert keine (NULL) CO<sub>2</sub>-Emissionen und das Gebäude hinterlässt beim Um- oder Abbau keinen (NULL) Abfall.

(Quelle: [http://www.wernersobek.de/files/dynamic/pdf/WernerSobek\\_TripleZero.pdf](http://www.wernersobek.de/files/dynamic/pdf/WernerSobek_TripleZero.pdf))

Denken wir einen weiteren Schritt nach vorn, erweitert sich die obige Festlegung wie folgt:

**Ressourceneffiziente Gebäude von Übermorgen über den Lebenszyklus eine Primärenergiebilanz mit dem Ergebnis 0 haben.**

Das heißt, Übermorgen sollten Gebäude entstehen, die so viel Energie selbst produzieren, wie für die Erstellung der Gebäude als auch deren Betrieb notwendig ist.

Damit würde die Übertragung des Nachhaltigkeitsprinzips „Nicht mehr Holz einschlagen als nachwachsen kann“ auf die Energie erfolgen.

Diese These kann auf andere Ressourcen, wie zum Beispiel das **Treibhauspotential (CO<sub>2</sub>)** übertragen werden. Hier sind Lösungen für die Zukunft gefragt. Ob die Nullbilanzierung für jede Ressource erreichbar ist bleibt offen. Mit Sensibilisierung, Messung, Erfassung und Planung wird Ressourceninanspruchnahme planbar und kann reduziert werden.

Die DGNB ermittelt seit 2008 über die Ökobilanzierungen welche Umwelteinwirkungen durch die Herstellung und den Betrieb eines Gebäudes entstehen. Über die Erfassung aller Daten der bisher zertifizierten Gebäude, soll eine Auswertung vorgenommen werden, die gebäudeübergreifend Aussagen zum Einfluss der Gebäude auf die Umwelt zulässt. Bis zu einer Null-Bilanzierung über den Lebenszyklus ist es noch ein gutes Stück Weg.

## **1.2 Forschungsziel/Ergebnisse/Lösungsweg**

### **1.2.1 Forschungsziel**

Ziel des Vorhabens ist es, einen neuen nachhaltigkeitsorientierten Baustandard für die Zukunft zu schaffen. Hierzu soll die Ressourceneffizienz bei der Planung, beim Bau und beim Betrieb von Gebäuden signifikant gesteigert werden. Diese Gebäude der Zukunft sollen die EnOB - Vorgabe unterschreiten sowie den auf den ökologischen, ökonomischen, technisch funktionalen und sozialen Aspekten der Nachhaltigkeit gerecht werden. Hierbei steht die praxisorientierte Sichtweise im Mittelpunkt.

Zunächst werden in der Phase 1 die derzeit eingesetzten Technologien und Verfahren zur Erstellung ressourceneffizienter Gebäude dargestellt und analysiert, sowie die Praxistauglichkeit innovativer Techniken untersucht.

In Phase 2 sollen die Anwendbarkeit und die Marktreife bei der Erstellung von sechs Gebäuden demonstriert werden. Diese Demonstratoren sollen zeigen, wie mit innovativen Technologien ressourceneffizient und kostenoptimiert gebaut, betrieben und saniert werden kann.

### **1.2.2 Angestrebte Forschungsergebnisse**

Um die gesteckten Ziele zu erreichen, werden nachhaltigkeitsorientierte integrale Planungskonzepte sowie innovative Technologien verifiziert und entwickelt. Diese neuen Technologien und Planungsansätze werden beim Bau wie auch beim Betrieb von Gebäuden ein

hohes Potenzial bieten, den Verbrauch von Ressourcen signifikant zu reduzieren. Die erarbeiteten Forschungsergebnisse werden ohne Verlust der hohen Nutzerqualität und des Behaglichkeitsgefühls folgende Veränderungen bewirken:

- Einsparung im laufenden Energieverbrauch
- Einsparung bei Primärressourcen für Materialien und Bauverfahren
- Reduzierung der Kosten für den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes.

Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens umsetzbaren Innovationen werden die durch den Bau verursachten Umweltbelastungen deutlich reduzieren. Des Weiteren wird durch eine sogenannte Innovationsplattform die Förderung und Umsetzung von weiteren Innovationen erleichtert und somit ein deutlicher Mehrwert für das Bauen der Zukunft generiert.

### **1.2.3 Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen (EnOB)**

Die Zielvorgabe des Forschungsprojektes ist, innovative Konzepte und Technologien in der Baupraxis als Standards zu etablieren.

Ziele des Forschungsförderungsprogramms „Energieoptimiertes Bauen EnOB“ waren, die Umsetzung innovativer Konzepte und Technologien in Demonstrationsprojekten sowie deren Effizienz, Praxistauglichkeit und künftige Marktfähigkeit zu überprüfen und zu verifizieren.

Der Schwerpunkt des Forschungsprogramms liegt dabei, wie auch bei der Forschungsinitiative „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“, unter anderem auf der energetischen Verbesserung der baulichen Hülle sowie der Entwicklung von innovativen Konzepten der Wärmezeugung und -verteilung, sowie der Ausrichtung auf ein Endziel, nämlich das Zusammenführen der Ergebnisse für die energetische Optimierung des „Gesamtsystems“ Gebäude.

Diese Optimierung zieht sich über den gesamten Lebenszyklus von der Projektidee über die Planungsphase, Bauphase, Inbetriebnahme, Betrieb und Rückbau mit Recycling oder Revitalisierung.

Eine wirkliche Veränderung hinsichtlich der Energieeffizienz von Gebäuden kann nur erreicht werden, wenn die technologischen Grundlagen und Kenntnisse bei allen am Bau Beteiligten vorhanden sind und ein intensiver Dialog geführt wird. Diese Voraussetzung im deutschen Bauwesen langfristig zu verankern, soll die integrale Forschungsarbeit schaffen.

### **1.2.4 Innovativer Beitrag und Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse**

Durch das Zusammenführen der technischen Kompetenzen aller am Projekt beteiligten Unternehmen war es möglich, aktuelle und zukünftige Innovationen auf ihre Praxistauglichkeit hin zu untersuchen und zu bewerten.



Durch den geschaffenen Dialog und Wissenstransfer ist es zukünftig möglich, den Entwicklungszeitraum neuer Produkte von der Prototypisierung bis hin zur Markteinführung zu verkürzen (Lang und Kratz 2007).

### 1.3 Arbeitsteilung und Zusammenarbeit der Projektpartner (Projektstruktur)

Das Forschungsvorhaben untergliedert sich in zwei sich überschneidende Phasen (vgl. Abb. 1.3.1). Die Phase 1 beinhaltet eine „Bauvorbereitende Phase“, als Planungsphase. Ziel ist es, die tatsächlich an realen Gebäuden eingesetzten Technologien und Verfahren zu analysieren und Einsparpotentiale aufzuzeigen. Darauf aufbauend sollen sinnvolle Maßnahmen und innovative Technologien für das Bauen der Zukunft abgeleitet werden. Ebenso werden aktuelle Forschungs- und Entwicklungsergebnisse untereinander verknüpft und auf ihre potenzielle Einsatzfähigkeit untersucht. Die verschiedenen Elemente eines Bauprozesses wie Baumaterialien, Bauverfahren und Planungsprozesse werden analysiert. Diese Erkenntnisse dienen in Form von energieeffizienten Technologien und entsprechenden Datenbanken als Ausgangspunkt für den nächsten Schritt, um eine Anwendungsplattform für eine übergreifende und ganzheitliche Betrachtungs- und Vorgehensweise zu schaffen.

In Phase 2 ist vorgesehen, die in Phase 1 gewonnenen Erkenntnisse und identifizierten Technologien im Rahmen eines realen Bauvorhabens in die Praxis zu übertragen.

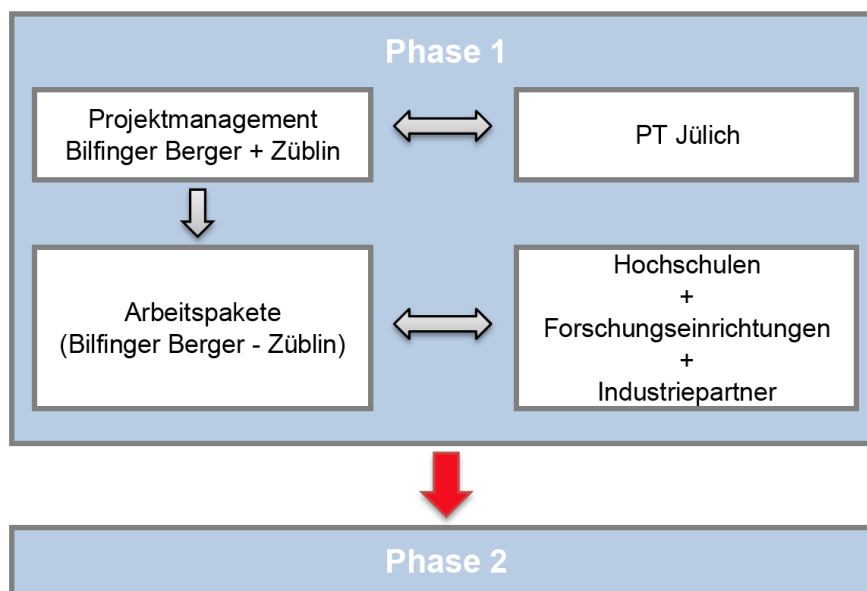


Bild 1.3-1 Darstellung der Projektstruktur

## 1.4 Arbeitspakete in der Phase 1

Die Phase 1 gliedert sich in 7 verschiedene Arbeitspakete (AP), deren Konfiguration in Bild 1.4-1 dargestellt sind. In den nachfolgenden Kapiteln werden die Inhalte der Arbeitspakete beschreiben.

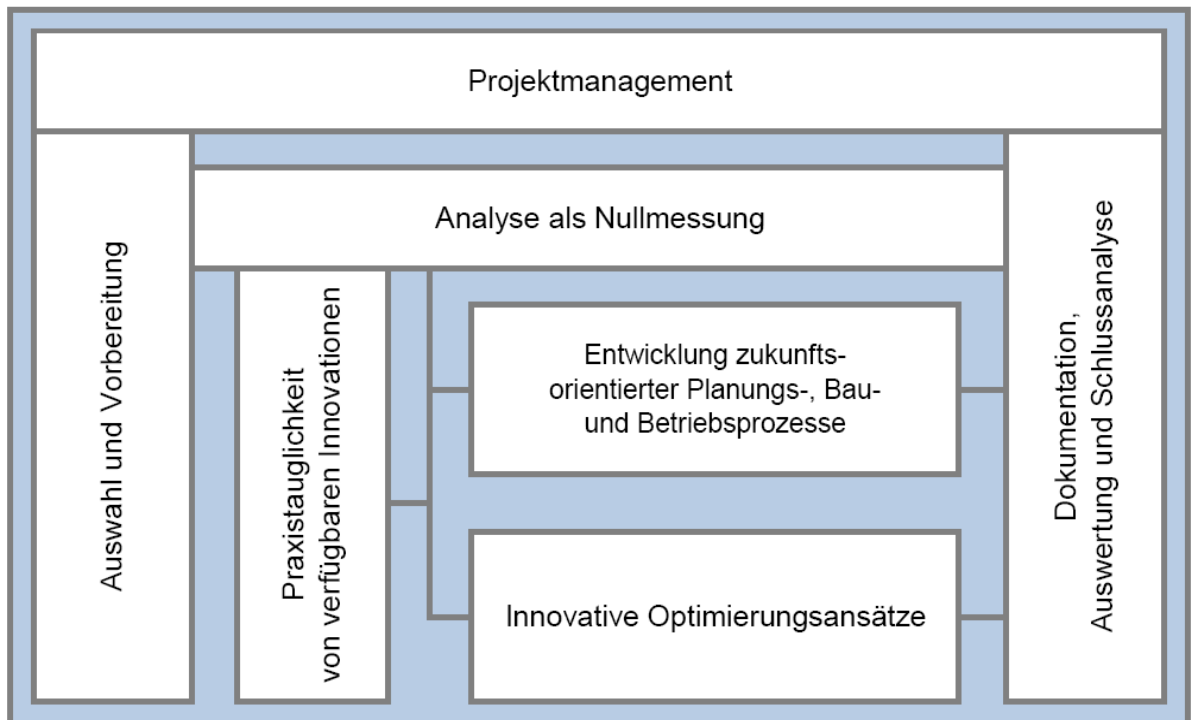


Bild 1.4-1, Grafische Darstellung der Arbeitspakete

### 1.4.1 Projektmanagement

Die Projektsteuerung und Koordinierung erfolgte über ein gemeinsames Projektmanagement, das aus jeweils einem Vertreter der Bilfinger + Berger Hochbau GmbH und Ed. Züblin AG bestand.

Die Projektstruktur ist in Bild 1.4-2 als Überblick dargestellt

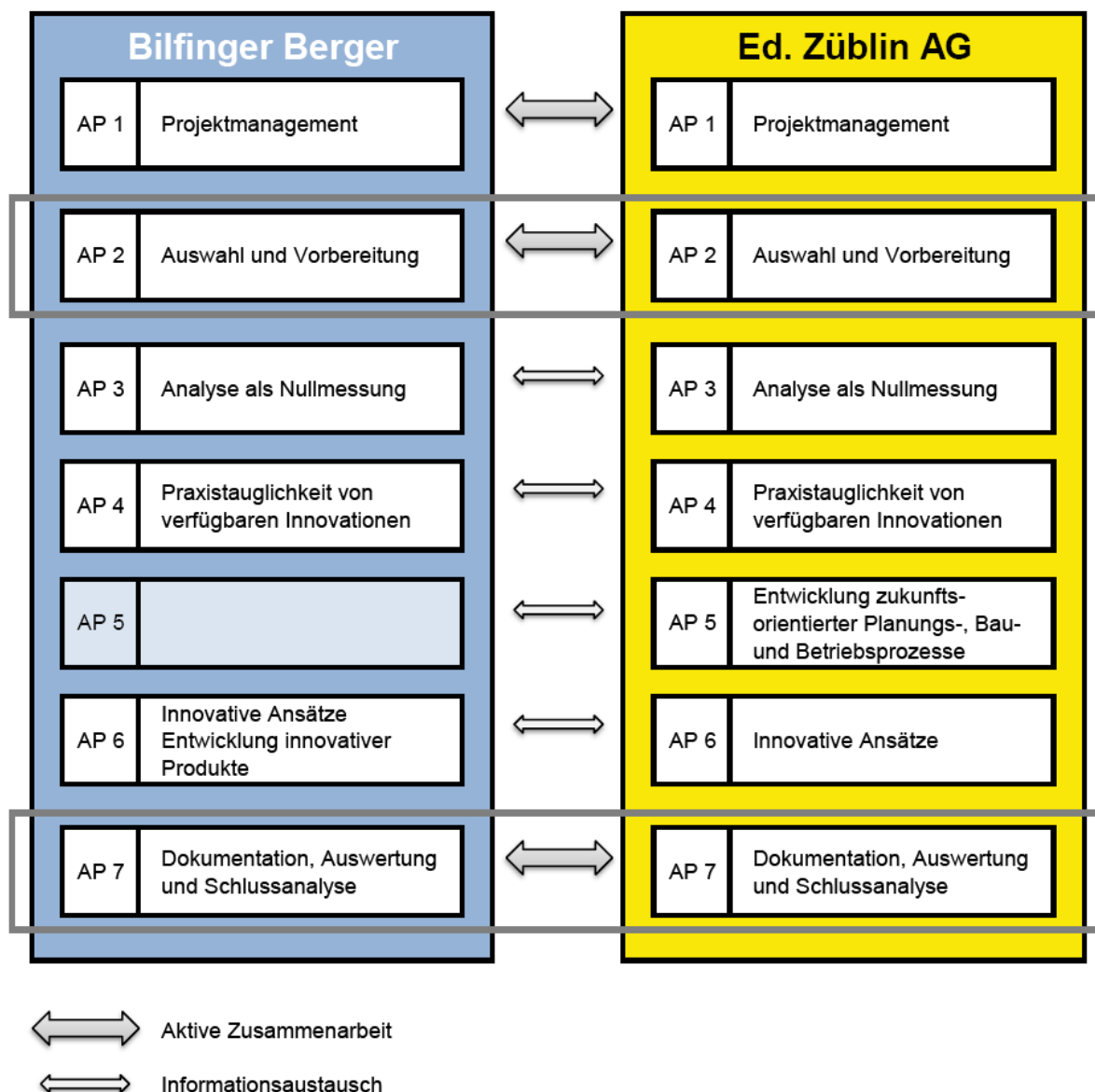


Bild 1.4-2, Projektstruktur

### 1.4.2 Auswahl und Vorbereitung

Es wurde eine Detaillierung der geplanten Vorgehensweise ausgearbeitet. Es werden die Grundlagen und Kriterien geschaffen, die für alle folgenden Arbeitspakete maßgebend sind.

Weitere Aspekte, sind die generelle Einordnung der Fragestellung zum heutigen Stand der Technik und der Markteintrittsbarrieren bisheriger Forschungsergebnisse, insbesondere aus den durch EnOB oder EnSan geförderten Projekten.

Ausgehend von diesen Untersuchungen hat jedes Unternehmen jeweils drei Bauvorhaben unterschiedlichen Baujahres ausgewählt, die im Rahmen des Arbeitspaketes 3 analysiert werden und somit als Referenzobjekte für die zu erarbeitenden Ergebnisse dienen. Das für die Analyse als Referenzmessung (Nullmessung) erforderliche Konzept und die damit verbundenen Kriterien werden ebenfalls im Arbeitspaket „Auswahl und Vorbereitung“ entwickelt. Hierbei sollen insbesondere die aktuellen politischen Entwicklungen, wie z.B. das Nachhaltigkeitszertifikat des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung berücksichtigt und analysiert werden.

Die maßgebenden Partner wurden bereits in diesem frühen Stadium in das Projekt eingebunden. Hierzu zählen insbesondere die Planer, Vertreter von Logistik und Ausführung, Vertreter aus den Bereichen Betrieb und Wartung (Facility Management) sowie Vertreter der ausgewählten Forschungszentren und -initiativen.

Die sechs ausgewählten Gebäude werden hinsichtlich ihrer Ressourceneffizienz und des Einsatzes von einschlägigen innovativen Technologien analysiert und bewertet. Diese Analyse erfolgt nach anerkannten objektiven Verfahren und durch Wissenstransfer der beteiligten Unternehmen. Des Weiteren werden in diesem Arbeitspaket externe Experten und Forschungseinrichtungen eingebunden, um die erarbeiteten Ergebnisse zu validieren.

Die Ergebnisse dieses Arbeitspaketes dienen – auch für die angestrebte Phase 2 – als Ausgangspunkt sowie als Referenzwerte für die Untersuchungen und Optimierungsansätze der folgenden Arbeitspakete.

### **1.4.3 Analyse als Nullmessung**

Die Analyse der sechs Gebäude wird einheitlich durchgeführt. Das Schema der Analyse gliedert die durchzuführenden Untersuchungen in vier zeitliche Abschnitte, wie sie bei einem Lebenszyklus eines Gebäudes vorkommen:

- Entwurf und Planung
- Bau
- Nutzung und
- Rückbau (Abriss, Entsorgung, Recycling).

Für jeden Abschnitt werden verschiedene Themen analysiert und bewertet. Die Bewertung dieser Schwerpunkte wird über alle Abschnitte hinweg nach der Ökologie (z.B. Ressourceninanspruchnahme und Ökobilanzierung), der Ökonomie (z.B. Lebenszykluskosten und Wertstabilität), der technischen und funktionalen Aspekte (z.B. Umnutzungsfähigkeit und Flächeneffizienz) sowie nach sozialen Gesichtspunkten (z.B. thermischer Komfort und Raumluftqualität) durchgeführt.

Zu Beginn der Analyse wurde zusammengestellt, welche Anstrengungen in der Bau- und Immobilienwirtschaft (Deutschland) unternommen werden, um das Leitbild Nachhaltigkeit in konkretes Handeln umzusetzen und welche Kriterien an nachhaltige Produkte und Gebäude gestellt werden. Der Fokus liegt dabei auf:

- bestehenden gesetzlichen Regelungen und Nachweisen (z.B. Energieeinspargesetz, Energieeinsparverordnung, Energieausweis)
- gegenwärtigen (nationale, europäische und internationale) Normungsaktivitäten (z.B. Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN - Nachhaltigkeit im Bauwesen, ISO 21930 - sustainability in building construction - environmental declaration of building products, ISO/TS 21929-1 - Hochbau - Nachhaltiges Bauen - Nachhaltigkeitsindikatoren)
- aktuellen Aktivitäten der an der Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft Beteiligten (z.B. öffentliche Hand: Fortschreibung Leitfaden Nachhaltiges Bauen, nationales Zertifizierungssystem DGNB).

Bei den zu untersuchenden Gebäuden müssen die technisch-konstruktiven Abhängigkeiten identifiziert werden. Dazu gehören z.B. die Gebäudegeometrien, das A/V-Verhältnis, die Fensterflächenanteile sowie TGA-Systeme. Dabei wird aufgezeigt, welche konträren Wechselbeziehungen vorhanden sind (z.B. Leichtbauweise <--> Schallschutz; transparente Glasarchitektur, solare Wärmegewinne und Belichtung <--> sommerliche Überhitzung, Kühl- und Kunstlichtbedarf, etc.). Die gewählten architektonischen Elemente werden dann hinsichtlich der Ressourceneffizienz bewertet. Des Weiteren geht es um den übergeordneten Ansatz des sog. „lifecycle“ von Materialien, d.h. von der Entstehung, Gewinnung und Entsorgung unter energetischen und ökologischen Aspekten.

Ein Teilbereich, der den Ausbau eines Gebäudes im besonderen Maße tangiert, ist die Nachhaltigkeit. Eine höhere „Lebenszeit“ der eingesetzten Baumaterialien rechtfertigen z.B. höhere Anfangsinvestitionen und tragen letztendlich auch zur Ressourcenschonung bei. Bei der Bewertung der Lebenszyklen von Baumaterialien spielt die Umweltbilanzierung im Hinblick auf die Stoffflüsse eine wichtige Rolle. Mit Hilfe der Erkenntnisse aus diesem Arbeitspaket sowie bereits vorhandener Untersuchungen und Veröffentlichungen über CO<sub>2</sub>-Freisetzungswerte, Giftstoffgehalt und Recyclingfähigkeit wird die graduelle Einordnung von Ausbaumaterialien im Sinne eines Rankings für Ressourceneffizienz in der Gesamtbetrachtung möglich und bildet damit die Grundlage für konzeptionelle Ansätze der Ausbauplanung bei Neubauten als auch bei der Sanierung von bestehenden Gebäuden.

Innerhalb einer Wertschöpfungskette des ressourceneffizienten Bauens ist die Bestandsaufnahme der Bauphysik zu einem wichtigen Bestandteil/Instrument zur Ermittlung vorhandener Schwachstellen geworden. Die Schwachstellen und die daraus resultierenden Energieverluste eines Gebäudes erhalten in Verbindung mit den ständig verbesserten Wärmestandards der Gebäudeaußenhülle eine stetig wachsende Bedeutung im Hinblick auf die

Bewertung der Ressourceneffizienz. Zur Feststellung der Schwachstellen dient eine Rundum-Diagnose der Bestandsgebäude hinsichtlich der thermischen Qualität des Gebäudes, der Luftdichtigkeit des Gebäudes, der Luftqualität und -hygiene, der Wärmebrücken, der Feuchteschäden, der Sonnenenergieeinflüsse über transparente Bauteile, der Tageslichteinflüsse sowie die Untersuchung des notwendigen Luftwechselaustausches. Neben der Feststellung der Schwachstellen werden gleichzeitig die Möglichkeiten der Aufwertung des Gebäudes bzgl. des Wärmeschutzes, Schallschutzes, der Tageslichtnutzung und der Raumakustik untersucht.

Zur Aufnahme und Auslegung der Schwachstellen werden bewährte Verfahren wie Thermografieuntersuchungen, Blower-Door-Tests und Feuchtemessungen herangezogen. Zur Vervollständigung der Dokumentation des Ist-Zustands ist die Sichtung vorhandener Planungsunterlagen und Bauphysikgutachten/-nachweisen, die Vorort-Sichtungen sowie die Wertung des Schallschutzes durch gezielte Luft-, Trittschall- Außenlärm- sowie Raumakustikmessungen erforderlich. Die Inputdaten werden als Grundlage für die Verbesserungsmaßnahmen dokumentiert, analysiert und ausgewertet.

Weiterhin werden an den ausgewählten Gebäuden, die dort eingesetzten Fassaden- und Sonnenschutzsysteme hinsichtlich Konstruktionsprinzipien, Steuerung, Nutzerakzeptanz, Dauerhaftigkeit und Wirksamkeit dokumentiert, vergleichend gegenüber gestellt und unter Einbeziehung der im Arbeitspaket 4 gewonnenen Ergebnisse zur Überprüfung der Tauglichkeit des entwickelten Planungstool herangezogen.

Zusätzlich werden die Gebäude hinsichtlich solarem sowie notwendigem Energieeintrag aus Kunstlicht zur Erzielung ausreichender Beleuchtungssituationen, nutzerspezifischen Wünschen und der daraus resultierenden Einflüsse auf die Gesamtenergiebilanz hin untersucht.

Vor allem durch den richtigen Einsatz von Materialien kann bereits bei der Herstellung eines Gebäudes Energie und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Aus diesem Grund werden bei den zu analysierenden Gebäuden die eingesetzten Massen gewerkeweise ermittelt und zusammengestellt. Für jedes eingesetzte Material gibt es einen bestimmten CO<sub>2</sub>-Freisetzungswert, der die Herstellung und den Einbau des Materials berücksichtigt. Bei einer abschließenden Gesamtbewertung wird der CO<sub>2</sub>-Freisetzung bei der Herstellung des Gebäudes und der Verbrauch im laufenden Betrieb gegenübergestellt. Die entstandenen Baukosten, die durch den Einbau der Massen entstanden sind, werden getrennt nach Gründung, Rohbau, Ausbau, Fassade und TGA ermittelt und bewertet. Ein Schwerpunkt der Material- und Massenzusammenstellung liegt auf der Gebäudehülle mit ihren Wärmeschutzmaßnahmen sowie den Aufwendungen für die Energieversorgung.

Nicht nur vor dem Hintergrund der Vermietbarkeit, sondern auch im Hinblick auf das menschliche Wohlbefinden und die Arbeitsproduktivität war die Betrachtung behaglichkeitsrelevanter Ausführungsdetails ein wesentlicher Gegenstand innovativer Gebäudeplanung.

Die Berücksichtigung der wichtigsten, in einschlägigen Normen und Richtlinien festgeschriebenen Behaglichkeitskriterien ist bereits auf Basis des Planungsstandes der Vorplanungs- oder Konzeptionsphase ohne weiteres möglich.

So beginnt beispielsweise eine Planung nach Kriterien visueller Behaglichkeit mit einer, den Standort- und Nutzungsbedingungen angepassten Positionierung und Dimensionierung der Fensteröffnungen; eine Planung akustisch behaglicher Räume mit einer Analyse der Schallemissionen am Standort sowie mit einer Analyse und anschließenden Abschätzung interner und externer Wärmeeinträge/-verluste zur Realisierung thermischer Behaglichkeit. Für akustisch behagliche Räume lautet im aktuellen energieeffizienten Bauen eine Hauptfragestellung, wie eine ausreichende Schallabsorption erreicht werden kann. Dies resultiert daraus, dass schallweiche Flächen in der Regel als thermische Isolierung wirken, diese jedoch gleichzeitig durch ihre gute thermische Ankopplung an die Baumasse wiederum zu schallharten Oberflächen führen.

Ökologie und Wirtschaftlichkeit eines Gebäudes werden auch durch Robustheit, Haltbarkeit und Wartungsfreundlichkeit der eingesetzten Bauteile mitbestimmt. Aufgrund dessen wird die Häufigkeit sowie die Intensität der schon erforderlichen und noch zu erwartenden Instandhaltungen und Wartungen an den zu untersuchenden Gebäuden ermittelt und zusammengestellt. Die Kosten der Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen sowie damit verbundene Kosten (wie z.B. Nutzungsausfall von Büroräumen) wird ebenfalls in der Gesamtbetrachtung bewertet.

Ein vorzeitiger Umbau bzw. Rückbau oder Abbruch und der ersetzende Neubau verbrauchen mehrfach Energie und verursachen zusätzlich die Notwendigkeit der Entsorgung des Abbruchmaterials und folglich den verfrühten Verbrauch neuer Rohstoffe. Zukunftsorientierte Raumnutzungskonzepte beziehen z.B. im Wohnungsbau den demographischen Wandel, im Verwaltungsbau z.B. neue Kommunikationsformen, von der Videokonferenz bis zum papierlosen Büro, mit ein.

Die Ressourceneffizienz wird durch neue kostengünstige sehr offene Konzepte für Flexibilität (z.B. Flexible Ausbausysteme) unterstützt. Parallel zur Entscheidung über die Durchführung von Umbau- und Abbruchmaßnahmen steht immer auch die Bewertung der Wirtschaftlichkeit im Fokus, d.h. die Amortisation der Kosten, die für die getroffene Maßnahme im zu erwartenden Lebenszyklus anzusetzen ist. Es muss deshalb der Zusammenhang zwischen Ressourceneffizienz, auf der einen Seite, und Wirtschaftlichkeit auf der anderen Seite beispielhaft an konkreten Sanierungsmaßnahmen als Bewertungskriterium dargestellt werden. Damit kann z.B. einem Kunden konkret und transparent dargelegt werden, dass ein Leerstand innerhalb eines Gebäudes bewusst und wirtschaftlich umgenutzt werden kann.

#### **1.4.4 Praxistauglichkeit von verfügbaren Innovationen**

In dieser Phase wird untersucht, inwieweit heute am Markt verfügbare Technologien bzw. Innovationen, die kurz vor der Markteinführung stehen ein Optimierungspotential hinsichtlich der Ressourceneffizienz von Gebäuden eröffnen, und als Standards der Zukunft geeignet sind. Es soll außerdem aufgezeigt werden, welche Hindernisse die Umsetzung der Innovationen in der Praxis blockieren. Hierzu ist es zunächst notwendig, eine umfassende Studie über den heutigen Stand der Technik und der Forschung (u.a. bine, dena, Berliner Impulse, Technische Informationsbibliothek Hannover, IRB Stuttgart), sowie der möglichen Übertragbarkeit von interdisziplinären Technologien auf das Bauwesen durchzuführen. Des Weiteren erfolgt eine Analyse und Gruppierung bezüglich Funktion, Stoff- und Energieströmen, Multifunktionalität und Nachhaltigkeit.

In die Recherche werden folgende Kompetenzen einbezogen:

- Begleitforschungsteam EnOB
- KMU
- Produkthersteller
- Lieferanten
- weitere Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Die nachfolgenden Untersuchungen an vielversprechenden Innovationen werden unter den verschiedensten Gesichtspunkten durchgeführt. Hierbei wird für jedes Produkt eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt. Schlüsseigenschaften unter Berücksichtigung der Anwendbarkeit auf der Baustelle werden überprüft.

Mögliche Untersuchungen in dem Bereich Fassade werden vom Verbundpartner Bilfinger Berger durchgeführt:

- Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern, Türen und Abschlüssen nach DIN EN ISO 10 077-1 (11-2000) (vereinfachtes Verfahren) und DIN EN ISO 10 077-2 (numerisches Verfahren)
- Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten von Fenstern und Türen mittels Heizkastenverfahren nach DIN EN ISO 12 567-1 (02-2001)
- Bestimmung des Wärmedurchlasswiderstandes von Baustoffen nach dem Verfahren mit dem Plattengerät und dem Wärmestrommessplatten-Gerät nach DIN EN 12 939 (09-1997)

Mögliche Untersuchungen in dem Bereich TGA:

Ziel ist eine objektive Gegenüberstellung von innovativen Produkten. In ergänzenden Betrachtungen sollen für die unterschiedlichen Systeme auch Abschätzungen zu Investitions- und Betriebskosten vorgenommen werden.



Die Energiebilanz von Bestands- und Neubauten wird nachhaltig von der Qualität der Gebäudehülle beeinflusst. Während für den Winterfall die Energiebilanz durch eine möglichst hohe Wärmedämmung bei gleichzeitig umfassender Nutzung der solaren Gewinne positiv beeinflusst wird, stellen sich die solaren Gewinne durch transparente Bauteile im Sommerfall für die Gesamtenergiebilanz des Gebäudes unter Berücksichtigung von Behaglichkeitskriterien meist nachteilig dar. Weiterhin sind in unseren Breitengraden die saisonalen Temperaturschwankungen genauso wie Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sehr hoch. Deswegen kann es sinnvoll sein, den Dämmwert einer Fassade adaptiv zu gestalten.

Bei der Untersuchung der verschiedensten TGA-Systeme steht im Gegensatz zu den Fassadenkomponenten nicht der Vergleich der Produkte als solche im Vordergrund sondern die verschiedensten Eigenschaften. Einige der wichtigsten Kriterien für die geplanten Untersuchungen werden nachfolgend kurz dargestellt.

Flächenheiz- und Kühlsysteme:

- Maximal erzielbare Leistungen pro qm für Heizen und Kühlen
- Reduzierung der Dauer der „Regeltzeit“, bzw. Verbesserung der Regelfähigkeit dieser Systeme
- Industrielle Vorfertigung zur Reduktion der Montagezeit auf der Baustelle
- Verbesserung der akustischen Eigenschaften im Raum

In der Umwelt stehen "Wärme" und "Kälte" kostenlos zur Verfügung. Allerdings können diese nicht standardmäßig gespeichert werden, damit in der nächsten Heiz- oder Kühlperiode eine sinnvolle und dauerhafte Nutzung möglich ist. Geplante Untersuchungen in diesem Themenbereich sind die Gebrauchstauglichkeit von Wärme- und Kältespeichern zu testen hinsichtlich:

Platzbedarf / Gewicht / Anordnung im Gebäude

- max. erreichbare spezifische Wärmespeicherkapazität, bzw. reicht Kapazität für eine Periode
- Integration / hydraulische Einbindung in das Energiekonzept (Geothermie und/oder Solarthermie)
- Regelbarkeit der Speicher
- Langlebigkeit bzw. Wiederverwendbarkeit
- vollständiger Verzicht auf zusätzliche Erzeuger für Wärme und Kälte

#### **1.4.5 Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse und einer durchgängigen Innovationsplattform**

Neben den technologischen Aspekten stellt die Planungsphase und deren Verknüpfung zum Ausführungsprozess einen wichtigen Bereich für mögliche Einsparpotentiale dar. Die heutigen, zur Anwendung kommenden Planungsprozesse leiden unter ihrer Zergliederung und der durch Schnittstellen verursachten Fehleranfälligkeit.

Der konsequente und durchgängige Einsatz von digitalen Methoden des virtuellen Bauens reduziert die Risiken und Kommunikationsengpässe in der Planungs- und Ausführungsphase. Der hieraus resultierende Datenbestand führt zu einer Optimierung des zukünftigen Gebäudebetriebs. Ein neues auf Ressourceneffizienz basierendes Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden erfordert einen neuen Ansatz für die entsprechenden Tools. Dieser neue Ansatz wird in diesem Arbeitspaket formuliert und das Lösungspotential aufgezeigt.

Das Bauwesen und seine Tools sind aufgrund der traditionellen Arbeitsweisen immer noch von Informationsbrüchen und Nichtdurchgängigkeit geprägt. An der Grenze von Gewerken und Planungsbeteiligten sind diese Verluste am größten.

Um diese Verluste zu minimieren, gibt es eine Reihe von Schnittstellenformaten im Bauwesen und Ansätze, diese Formate zu standardisieren.

Auf der Basis der im Arbeitspaket 3 zusammengetragenen Schnittstellen in der EDV-gestützten Werkzeugen (Tools) erfolgt in diesem Arbeitspaket die Analyse von Schnittstellen:

- Übersicht vorhandener Schnittstellen (Daten- und Informationstransfer) der einzelnen Prozesse auf Basis von AP 3
- Arbeitsweisen und Funktionalität von Schnittstellen in Tools auf Basis AP 3
- Bewertung der Wirkungsweise von existenten Schnittstellen bezogen auf den existenten Prozess und die existenten Schnittstellenlösungen.
- Aufstellen von Forderungen und Lösungen für die Verbesserung von Schnittstellen durch Änderung von Arbeitsprozessen und deren Tools sowie spezieller Schnittstellentools

Die Möglichkeiten, aber auch die Grenzen von Schnittstellen werden aufgezeigt. Außerdem wird eine Arbeitsmethodik vorgeschlagen, wie mit einer entsprechenden Lösungsstrategie für die Problematik der Schnittstellen ein neuer gesamtheitlicher Ansatz unterstützt werden kann.

#### Herausstellen der maßgeblichen Schnittstellen

Nach der Analyse der Schnittstellen sollen die herausragenden, maßgebenden Schnittstellen der Prozesse identifiziert werden.

Die Analyse erfolgt in diesem Arbeitspaket immer unter dem Fokus der Anforderungen aus neuem ressourceneffizientem Planen, Bauen und Betreiben.

- Zusammenstellung der Schnittstellen (Daten- und Informationstransfer) der Hauptprozesse
- Aufstellen der Anforderungen an die Hauptprozesse:
  - Welche Funktionalitäten müssen verbessert oder bereitgestellt werden?
  - Welche Arbeitsprozesse und Methodiken müssen verändert oder neu eingeführt werden?
  - Welche Grundfunktionalitäten und Systemstruktur müssen die Tools aufweisen, um diese Prozesse zu unterstützen?

Die aufskizzierte Forderung nach einem integrierten gesamtheitlichen Planen, Bauen und Betreiben hat eine Vielzahl von Synergieeffekten zur Folge.

Der Forderung nach diesem „neuen Werkzeug“ ist eine Wertanalyse vorangegangen, um die positiven Effekte die der potentielle Einsatz dieses Werkzeuges und der damit verbundenen Methoden auf den gesamten Prozess der Planung, des Bauens und des Betriebens hat, aufzuzeigen und zu bewerten.

Da es sich bei der Entwicklung von Werkzeugen für den geforderten neuen Prozess um ein revolutionäres, neues Arbeiten für den Bausektor handelt, werden die Randbedingungen für die Bewertung des möglichen Ergebnisses dieses Prozesses hier aufgestellt.

Der in den vorstehenden Arbeitspaketen ermittelte Ist-Zustand und die Forderungen an eine Verbesserung der Prozesse unter der Maßgabe der ressourcengesteuerten Optimierung werden zusammengestellt und Kriterien zu deren Bewertung und deren Verbesserung aufgestellt.

In einem zweiten Arbeitsschritt sollen die erarbeiteten Grundlagen zur Bewertung des im Rahmen dieses Arbeitspakets entwickelten neuen Planungstools herangezogen werden. Diese Wertanalyse kann am Beispiel eines Bestandsgebäudes überprüft werden.

#### Entwicklung von durchgängigen Planungstools

Ein ressourcenoptimiertes Gebäude kann nur unter Verwendung durchgängiger Planungstools realisiert werden. Die bereits erwähnten Grundlagen sind für diese Planungstools auf Basis der Analysen der voranstehenden Arbeitspakete aufzustellen und ein Prototyp zur Verifikation der grundlegenden Funktionalitäten zu beschreiben und eine generell neuer Ansatz daraus abzuleiten. Eine mögliche Lösung für das zu entwickelnde Planungstool für das Bauwesen kann in drei wesentliche Kernbereiche untergliedert werden:

- **Graphische Darstellung** des Gebäudes und seiner Anforderungen/Funktionalitäten.
- Eine dynamische **Datenbank** stellt den Kern des neuen Werkzeugs dar. Diese Datenbank auf Basis existenter Technologie stellt die Sammlung und den Austausch sämtlicher Daten eines Gebäudes sicher. Innerhalb der Datenbank werden geometrische Daten aus der graphischen Darstellung zusammen mit Eigenschaften und Ergebnissen von Bemessungen verwaltet. Der Workflow ist dritter Bestandteil der Datenbank.
- Moderne Zugriffsmöglichkeiten über Intra- und Internet auf die Datenbank und die graphische Darstellung stellen einen modernen **Arbeitsablauf** als dritte Säule des Planungstools dar.

#### 1.4.5 Innovative Optimierungsansätze

Interaktiv und aufbauend auf die Arbeitsschritte nach den Arbeitspaketen 3, 4 und 5 werden zusätzliche innovative Optimierungs- und Entwicklungsansätze – gemeinsam mit entsprechenden Partnern – aus den nachfolgend beschriebenen Themengebieten erforscht.

##### Bauen im Bestand

Ein Bestandsgebäude stellt eine besondere Herausforderung dar. Eine oftmals nur fragmentarisch vorhandene Bestandsplanung muss mit Hilfe einer Aufnahme des Bestands in die neue Planung und Arbeitsvorbereitung integriert werden. Für diese Integration müssen moderne arbeitssparende Methoden eingesetzt werden, um evtl. vorhandene analoge Planung und vorliegende Bestandssituationen in eine digitale Grundlage zu übertragen. Diese digitale Aufnahme des Bestandes umfasst dabei den sichtbaren Bestand mittels scannen und Fotovermessung sowie die Digitalisierung aller Bestandsunterlagen. Es werden für diese digitalen Aufnahmen verfügbare kommerzielle Systeme mit dem Ziel verwendet, so dass diese Ergebnisse in das vorgesehene durchgängige Planungstools überführt werden können.

Ein so digitalisiertes Gebäude kann mit den in AP5 entwickelten Tools validiert werden (Simulation). Auf dieser Grundlage wird das Verhalten des Gebäudes aus statischer, energetischer und ökologischer Sicht bewertbar. Zusätzlich können die Nutzung und andere Parameter ermittelt und dargestellt werden. Die vorhandene Konstruktion und die vorgesehene neue Nutzung stellen die Grundgrößen für eine Variantenuntersuchung zur Erreichung der geforderten Ressourceneffizienz dar. Das neue Planungstool ermöglicht es, diese Varianten aufzustellen und Teile davon in einer Simulation in ihrem Verhalten zu optimieren und unter den erschwerten Bedingungen eines Umbaus flexibel und trotzdem zielgerichtet zu gestalten.

Weiterhin erfordert die Zustandserfassung von Altbauten, bei fehlender Bauwerksdokumentation neben der planerischen Erfassung über Aufmassverfahren auch die Diagnose der vorhandenen Materialien. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen ist es möglich zu entscheiden, in welchem Maße und Umfang eine Ertüchtigung oder aber ein Austausch von Bauteilen angemessen bzw. notwendig ist. Die Entscheidung, ob die Ertüchtigung eines

Bauteiles einem Austausch vorzuziehen ist, hängt davon ab, wie genau und effektiv die Untersuchungsmethode zur Bewertung der einzelnen Bauteile ist.

Es sind Diagnoseverfahren heranzuziehen, die eine zerstörungsfreie oder zumindest zerstörungsarme Analyse von Bauteilen und deren Materialien gewährleisten. Ziel ist es herauszuarbeiten, welche Methode sich für welches Bauteil bzw. Material am besten eignet. Aus der Vielzahl der bekannten Analyseverfahren ist somit ein Leitfaden für die Bauteildiagnostik zu definieren, der die Grundlage schaffen wird, Entscheidungen über eine ressourceneffiziente Sanierung im Detail eines Bauteiles als auch in der Gesamtbetrachtung eines Gebäudes herbeizuführen.

Bei der Sanierung von Objekten stellt der Einsatz effizienter Abdichtungskonzepte zur Bauteilertüchtigung ein gewichtiger Faktor dar. Uneffektive Abdichtungskonzepte führen unweigerlich zu Bauschäden, zur Verringerung der Langlebigkeit der Bauteile, zu Lüftungswärmeverlusten und somit zu einer schlechten Energie- und Ökobilanz des Gebäudes.

Abdichtungssysteme innerhalb eines Gebäudes müssen mehrere Funktionen abdecken:

- Schutz vor drückendem und nicht drückendem Wasser im Innen- und Außenbereich
- Schutz vor aufsteigender Bodenfeuchte
- ausreichende Luft-Dampfdichtigkeit bei Dächern, Leichtkonstruktionen bzw. bauphysikalisch richtiger Aufbau bei allen Hüllbauteilen
- Gebäude- und Fensterfugen
- die Gewährleistung von Schlagregensicherheit

Der Einsatz von Abdichtungskonzepten im Sanierungsbau stellt immer wieder eine individuelle neue Herausforderung dar. Neben herkömmlichen Sanierungsmaßnahmen müssen zusätzliche Abdichtungslösungen bei Umsetzungsmaßnahmen (für Umnutzungen Keller oder Dachstuhl zu einem Aufenthaltsraum) oder beim Neueinbau von Fensterelementen in denkmalgeschützten Vorhangfassaden erarbeitet werden.

Die Abdichtungsmaßnahmen bei Bestandsgebäuden werden den heutigen Anforderungen nicht gerecht, so dass die Trockenlegung und nachträgliche Abdichtungen, insbesondere bei erdberührten Bauteilen und engen Bauteilrandanschlüssen im Zusammenhang mit statischen, wärme- und lufttechnischen Maßnahmen, weiterentwickelt werden müssen.

Deshalb sollen effiziente Abdichtungskonzepte für die Sanierung, die Entwicklung von Materialien und Verfahren zur Bauteilertüchtigung entwickelt werden. Hierbei werden typische, immer wiederkehrende Abdichtungsproblematiken bei Sanierungsprojekten herangezogen. Vorhandene Sanierungs- und Verfahrensmöglichkeiten sowie Lösungsansätze sollen aufgezeigt und gegenübergestellt werden. Anschließend werden ihre Grenzen hinsichtlich der Durchführbarkeit, der Qualität und Langlebigkeit aufgezeigt.

Mit den daraus gewonnenen Erkenntnissen soll ein Maßnahmenkatalog erstellt werden, um die Weiterentwicklung von Materialien und Verfahrensmöglichkeiten unter Einbindung von Baustoffherstellern voranzutreiben.

### Entwicklung von Verfahren zur Abpufferung und Nutzung von Extremwetterlagen

Extreme Wetterlagen bedeuten bezüglich eines gewünschten Klimas im Gebäude in erster Linie einen temporären unerwünschten Überschuss an Wärme oder Kälte. Die konventionelle Behandlung dieser Energieüberschüsse in Bezug auf Gebäude bedeutet i. d. R. die Abwehr der Extrema durch die Anordnung einer passiven Dämmung und, soweit erforderlich, das ergänzende Gegensteuern durch aktive, letztendlich meistens fossilgestützte Kühlung oder Beheizung.

Die angesprochenen Wärme- bzw. Kälteextrema treten meist phasenversetzt zu den Erfordernissen des Gebäudeinnenklimas auf. Im Sommer mit hohen Umgebungstemperaturen wird Energie für die Kühlung, im Winter mit kalten Umgebungstemperaturen wird Wärme zum Heizen benötigt. Gleichzeitig treten innerhalb der Sommer- bzw. Winterhalbjahre kurzzeitige Temperaturschwankungen auf.

Extremwetterlagen sind andererseits eine Form der regenerativen Energie und werden bisher jedoch nur sehr unzureichend genutzt. Im Sinne einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Energiebewirtschaftung ist es somit erforderlich, den Wärmeüberschuss aus dem Sommerhalbjahr im Winterhalbjahr zur Verfügung zu stellen. Gleichzeitig muss die Kälte aus dem Winterhalbjahr im Sommer zur Verfügung stehen.

Ein Ziel dieses Projektes ist es, sinnvolle technologische Maßnahmen zu identifizieren, die eine Energiespeicherung in Form von Wärme oder Kälte zulassen. Der Maßnahmenkatalog umfasst dabei sowohl kleinräumige Bauteilaktivierungen für die kurzzeitige Abpufferung von Spitzenwerten, als auch die langfristige saisonale Speicherung von Wärme oder Kälte in großformatigen Bauteilen oder Bauteilgruppen sowie in separat erstellten Baukörpern. Die Aufwendungen an Primärenergie für die Energiespeichertechnologien (Kosten für die Installation eines Speichers) dürfen im Gesamtaufwand allerdings langfristig den Nutzen durch die eingesparte derzeit noch meist fossil erzeugte Wärme oder Kälte nicht übersteigen. Eine Kosten-Nutzenbetrachtung über den Lebenszyklus unter Berücksichtigung von möglichen Szenarien der Energiekostenentwicklung ist erforderlich.

Die Palette der einzubeziehenden technologischen Möglichkeiten spannt sich dabei von einer Verwendung von üblichen Bauteilen, die mit geringen Modifikationen in ein Energiemanagementsystem eingebunden werden können (z. B. für Bauteilaktivierung), über die Verwendung innovativer Baustoffe in bekannten Bauteilen (z.B. PCM-Materialien, Erhöhung von Wärmespeicherkapazitäten) bis hin zum separat erstellten Bauteil oder Baukörper (z. B. integrierte oder externe Langzeitwärmespeicher).

Es sind sinnvolle Kombinationen im Spannungsfeld zwischen Investitionen in passive Dämmungen in Verbindung mit aktiver Heizung bzw. Kühlung einerseits und

Primärenergieaufwand und Wirkungsgrad für Energiespeichersysteme andererseits zu identifizieren. Diese Untersuchungen können nicht losgelöst von einer frühzeitigen Einbindung in den grundsätzlichen Entwurf und vorgesehenen Bauablauf von Gebäuden durchgeführt werden, da sie erheblichen Einfluss auf die bautechnische Konstruktion und haustechnischen Ausstattung haben.

#### **1.4.7 Dokumentation, Auswertung und Schlussanalyse**

Für die sechs betrachteten Gebäude werden die Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 4 bis 6 innerhalb der Untersuchungen begleitend dokumentiert, zusammengestellt und ausgewertet und abschließend mit den Ergebnissen der „Nullmessung“ aus Arbeitspaket 3 in Bezug gesetzt. Das Ergebnis zeigt das Einsparpotential der betrachteten Ressourcen unter Berücksichtigung von individuellen Rahmenbedingungen und veränderbaren Schwerpunkten.

Aus den gewonnenen Ergebnissen können somit Vorgehensweisen für die Sanierung von Bestandsgebäuden sowie für die Erstellung von Neubauten erarbeitet werden.



## 1.5 Literaturverzeichnis

aee intec, <http://www.aee-intec.at/index.php?seitenName=projekteDetail&projekteld=95> -  
aufgerufen am 30.01.2008.

Baulinks.de (2007): Zunehmende Nutzung von transluzentem, wärmedämmenden Nanogel.  
<http://www.baulinks.de/webplugin/2007/1frame.htm?0478.php4> – aufgerufen am 04.04.2007.

BASF: Latentwärmespeicher Micronal, <http://www.micronal.de/> -aufgerufen am 01.04.2007.

BINE Magazin: Hightech-Materialien für Gebäudefassaden,  
[http://www.bine.info/magazin\\_folgeseite.php/magazin\\_thema=29/seite=281](http://www.bine.info/magazin_folgeseite.php/magazin_thema=29/seite=281) - aufgerufen am  
11.04.2007.

Cremers, J. (2006): Einsatzmöglichkeiten von Vakuum-Dämmsystemen im Bereich der  
Gebäudehülle. Dissertation, Technische Universität München.

Denk: Homepage, Denk Rollladentechnik GmbH, [www.vakutemp.de](http://www.vakutemp.de) - aufgerufen am  
03.08.2007.

Ebert, H. (2003): Vakuumtechnologie und Nano-Materialien als neue Optionen für das  
energieeffiziente Bauen. ZAE Bayern, [http://www.fbta.uni-  
karlsruhe.de/web/uploads/media/Vortrag\\_ebert.pdf](http://www.fbta.uni-karlsruhe.de/web/uploads/media/Vortrag_ebert.pdf) - aufgerufen am 06.04.2007

EnEV-Online: Homepage, <http://www.enev-online.de/> - aufgerufen am 12.10.2007

Energiekataster Wuppertal: Homepage, <http://www.energie-kataster.de> – aufgerufen am  
01.02.2008.

EnOB: Homepage, <http://www.enob.info> - aufgerufen am 26.11.2007.

EnOB: Vakuumisolationsglas, Forschung für energieoptimiertes Bauen,  
<http://www.enob.info/de/neue-technologien/projekt/details/vakuum-isolationsglas/> - aufgerufen  
am 05.11.200

Haase, W. (2004): Adaptive Strahlungstransmission von Verglasungen mit Flüssigkristallen.  
Dissertation, Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren, Universität.

Hausladen, G.; de Saldanha, M.; Liedl, P.; Sager, C. (2004): KlimaDesign, Lösungen für  
Gebäude, die mit weniger Technik mehr können. Callwey, München.

Henning, H.-M., Schossig, P. (2003):

Hochwärmedämmende Fenster- und Fassadensysteme, <http://www.hwff.info> – aufgerufen am  
30.01.2008.

Ilkazell: Bausysteme, Ilkazell GmbH, <http://www.ilkazell.de/bausysteme.php> - aufgerufen am  
01.04.2007.



IPCC: Homepage Intergovernmental Panel on Climate Change, <http://www.ipcc.ch/>-aufgerufen am 12.4.2007

Kerschberger, A.; Binder, M. (2006): Transparente Wärmedämmung im Vergleich, RK Stuttgart, <http://www.umwelt-wand.de/service/papers/rk-kurz.pdf> - aufgerufen am 10.01.2007.

Lang, J.; Kratz, M. (2007): Energieforschung für Gebäude: Neue Technologien auf dem Prüfstand. In: Energieeffizienz in Gebäuden Jahrbuch 2007, Hrsg. Jürgen Pöschk, Verlag und Medienservice Energie, Berlin.

Passivhausinstitut: Homepage <http://www.passivhaustagung.de> – aufgerufen am 29.01.2008.

Rexroth, S. (2002): Gestalten mit Solarzellen – Photovoltaik in der Gebäudehülle. C.F. Müller Verlag, Heidelberg.

Roaf, S. (2005): Adapting buildings and cities for climate change – a 21st century survival guide, Architectural Pr., Amsterdam.

## **2 Auswahl und Vorbereitung**

## Inhaltsverzeichnis

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>2</b> | <b>Auswahl und Vorbereitung .....</b>                                    | <b>3</b> |
| 2.1      | Begriffsdefinition Ressourceneffizienz.....                              | 3        |
| 2.2      | Zertifizierung Z-zwo .....   | 5        |
| 2.3      | Vorgehensweise für die Arbeitspakete .....                               | 6        |
| 2.3.1    | Arbeitspaket 3 - Nullmessung.....  | 6        |
| 2.3.2    | Arbeitspaket 4 – Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen.....        | 8        |
| 2.3.3    | Arbeitspaket 5 – Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse ..... | 9        |
| 2.3.4    | Arbeitspaket 6 – Innovative Ansätze .....                                | 10       |

## 2 Auswahl und Vorbereitung

### 2.1 Begriffsdefinition Ressourceneffizienz

Die Herleitung der Begriffe, die Konzeption des Forschungsprojektes und die Umsetzung im Nachhaltigkeitszertifikat der DGNB wurden von den Verbundpartnern Bilfinger Berger und Ed. Züblin AG. erarbeitet. Sie sind in Kapitel 2 (Auswahl und Vorbereitung) des REG Forschungsberichtes der Firma Bilfinger Berger dargestellt.

Der Vollständigkeit halber werden die wesentlichen Begriffsdefinitionen an dieser Stelle in komprimierte Form nochmals aufgeführt.

**Ressourcen** werden als Mittel beschrieben, welche in die Produktion von Gütern und Dienstleistungen eingehen sowie als die natürliche Umwelt (Luft, Wasser, Natur) und die der Umwelt entnehmbaren Rohstoffe (natürliche Rohstoffe).<sup>1</sup> In der Brockhaus Enzyklopädie wird der Begriff Ressourcen im weiteren Sinne als Produktionsfaktoren (Arbeit, Boden, Kapital) und im engeren Sinne als Rohstoffe (natürliche Ressourcen) definiert.<sup>2</sup>

Für das Forschungsprojekt REG ist eine weitere Abgrenzung des Begriffes Ressource erforderlich. Im Rahmen von REG werden Ressourcen untersucht, die zur Erstellung – spricht zur Produktion - und den Betrieb von Gebäuden in Anspruch genommen werden. Dazu gehören im Wesentlichen:

- Flächen
- Kapital
- Energie
- Rohstoffe
- Mensch

---

<sup>1</sup> Gabler Kompakt Lexikon Wirtschaft, 7. Auflage, 1998

<sup>2</sup> Bibliographisches Institut & F. A. Brockhaus AG, 2006

Der Begriff der **Effizienz** beschreibt die durch eine Leistung erzielte Wirkung. Entscheidend dabei ist, dass die aufgewandte Leistung/Arbeit in einem angemessenen Verhältnis zur Wirkung steht. Das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen wird als Wirtschaftlichkeit bezeichnet. Effizienz ist somit eine Wirtschaftlichkeit, die maximal optimiert ist. Gregory Mankiw<sup>1</sup> beschreibt Effizienz als Eigenschaft, aus einer knappen Ressource einen maximalen Ertrag zu generieren. Für REG bedeutet dies als Ziel, mit einem möglichst geringen Einsatz der genannten Ressourcen, eine möglichst große Wirkung für das Gebäude zu erreichen.

Eine allgemeingültige Definition des Begriffes Gebäude existiert bislang nicht. An dieser Stelle wird **Gebäude** als ein vom Menschen künstlich geschaffener allseits umschlossener Raum definiert, in der Regel vier Wände und ein Dach, der fest mit dem Erdreich verbunden ist und dem Menschen dient. Das Gebäude hat die Aufgabe vor Witterung, wie zum Beispiel Kälte, Hitze, Regen, Schnee und Sonne oder anderen äußeren Einflüssen jeder Art zu schützen.

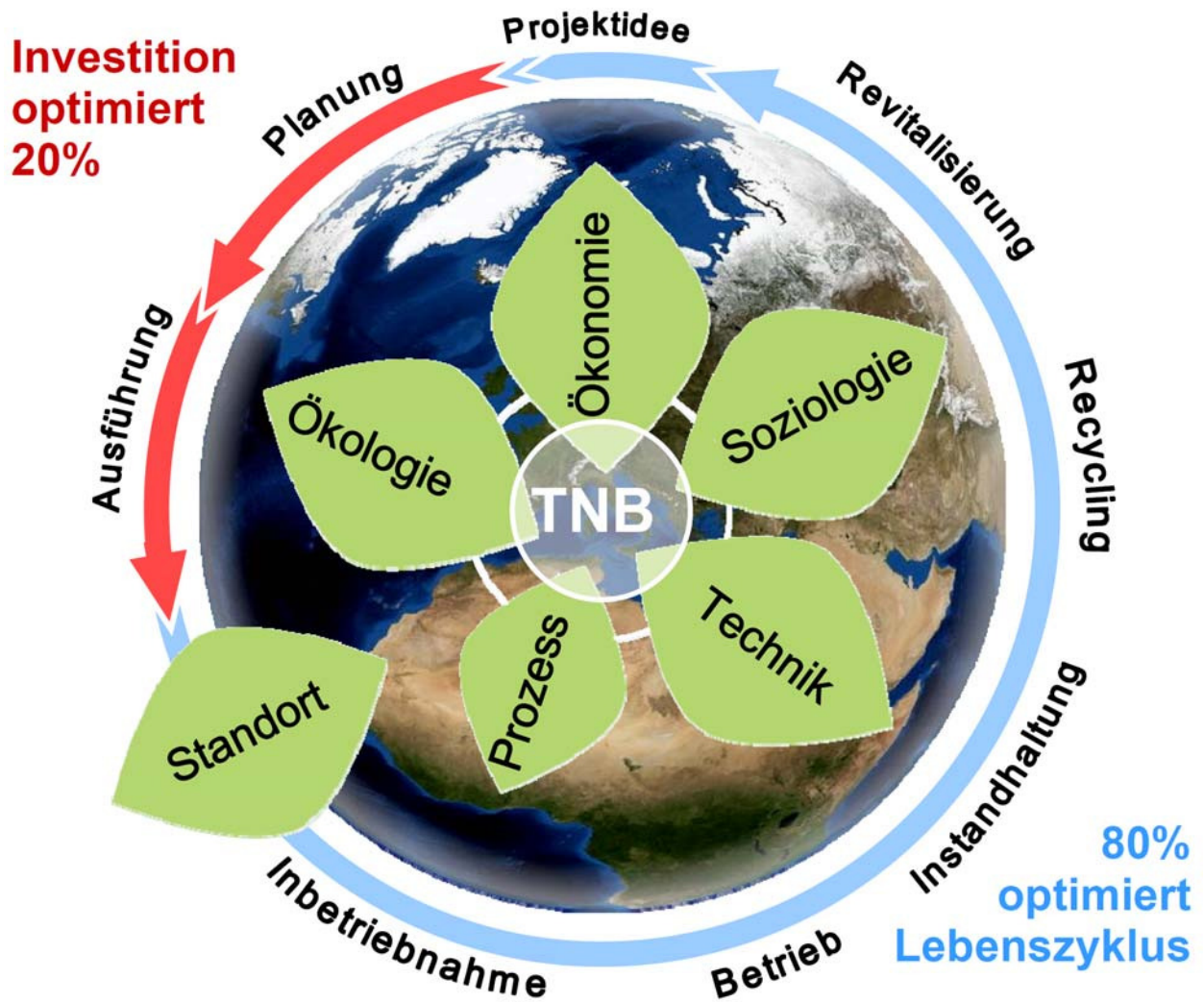
**Ressourceneffiziente Gebäude** sind im Verhältnis des Aufwands von Rohstoffen, Energie, und Kapital zum Nutzen von Gebäudefunktion und Gebäudezweck über den gesamten Lebenszyklus, im ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Sinne optimiert.

---

<sup>1</sup> N. Gregory Mankiw, Grundzüge der Volkswirtschaftslehre, 2001, Schäffer Pöschel Verlag

## 2.2 Zertifizierung Z-zwo

In Kapitel 2.2.1.3 „Nachhaltigkeit und Green Building“ schildert Bilfinger Berger ausführlich die Entwicklung des Zertifizierungssystems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB). Züblin erhält in der zweiten Jahreshälfte 2008 die Möglichkeit, das Bürogebäude Z-zwo nach der Betaversion für Büro- und Verwaltungsgebäude NBV2008 im Rahmen der Pilotphase zu auditieren. Zum Zeitpunkt der Antragstellung war nicht abzusehen, dass die DGNB zu diesem Zeitpunkt die Pilotphase für das deutsche System startet. Umso erfreulicher ist, dass das Gebäude als Pilotprojekt aufgenommen wurde. Das rundet die Nullmessung im Arbeitspaket 3 für Z-zwo in der ganzheitlichen Betrachtung der Nachhaltigkeitskriterien ab.



## **2.3 Vorgehensweise für die Arbeitspakete**

### **2.3.1 Arbeitspaket 3 - Nullmessung**

Im Arbeitspaket 3 werden die ausgewählten Gebäude Züblin Hauptverwaltung, Z-zwo und Neckarstraße eingehend analysiert. Dabei werden folgende Kriterien untersucht:

#### Flächen und Rauminhalte

Die Flächen der Gebäude werden nach der Definition der DIN 277 und der GIF-Mietflächenermittlung ermittelt.

#### Nutzung

Es wird eine genaue Aufstellung über die momentane Ist-Nutzung der Gebäude erstellt. Des Weiteren wird die ideale Belegung der Gebäude nach verschiedenen Kriterien ermittelt.

#### Bauphysik

Die Daten zur energetischen Qualität der Hülle werden auf Grundlage von Bestandsunterlagen, Leistungsverzeichnissen und Wärmeschutznachweisen ermittelt. Zusätzlich werden ein Blower-Door-Test und Komfortometermessungen durchgeführt. Des Weiteren werden Nutzerbefragungen zum Thema Komfort durchgeführt. Über ein selbst entwickeltes Bewertungsverfahren werden die Gebäude miteinander verglichen und bewertet.

#### Energiebedarf

Der momentane Energiebedarf für die zu analysierenden Gebäude wird auf Grundlage der EnEV2007 errechnet.

#### Energieverbrauch

Der Energieverbrauch wird im Gegensatz zum Energiebedarf durch Messungen ermittelt. Dies betrifft neben den nach der EnEV2007 definierten Energiewerten auch die Verbräuche der Nutzerausstattung, witterungsbereinigt und in der Kennwerttabelle dokumentiert.

#### Materialinanspruchnahme

Die Massen der verwendeten Materialien werden auf Grundlage von Bestands- und Revisionsplänen sowie auf Basis von Bauteilen und Leistungsverzeichnissen ermittelt.

### Ökologische Qualität (Ökobilanzierung)

Die TU Darmstadt wird damit beauftragt, eine Ökobilanzierung für die Gebäude zu erstellen. Die erstellten Ökobilanzierungen dienen als Gradmesser und Referenz für weitere Ökobilanzierungen. Des Weiteren ist es Ziel, ein Tool zur Integration der Ökobilanzierung in zukünftige Angebots-Kalkulationen zu entwickeln.

### Kosten

Zu Beginn des Forschungsvorhabens existierte in der Bauindustrie keine verbreitete und standardisierte Grundlage und Methodik zur Berechnung der Lebenszykluskosten. Lediglich an wenigen Hochschulen gibt es erste Berechnungstools. Eine für die Praxis allgemein zugängliche und anerkannte transparente Berechnungssystematik fehlt.

Die Immobilien werden aus Sicht der Bauunternehmen und ihrer Auftraggeber im Wesentlichen an der kostenoptimierten Herstellung des Bauwerkes gemessen. Die Nutzungskosten finden kaum Berücksichtigung in den Investitionsentscheidungen, obwohl sie eine entscheidende Bedeutung bei der Gesamtkostenschau im Lebenszyklus einer Immobilie haben.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden innerhalb der Nutzungskosten im Hochbau (DIN 18960) die Betriebskosten und die Instandsetzungskosten der drei ausgewählten Gebäude analysiert und mit den Kosten im Hochbau (DIN 276) Bauwerk – Baukonstruktionen und Technische Anlagen in eine Lebenszykluskostenberechnung überführt. Um eine Vergleichbarkeit der Lebenszykluskosten zu gewährleisten, bleiben die übrigen Kosten hier unberücksichtigt.

Für die im Arbeitspaket 3 zu analysierenden Gebäude gibt es keine aufbereitete Datengrundlage oder zentrale Datenbasis. Es liegen jedoch Kenndatenblätter über die Baukosten (DIN 276) und archivierte Planunterlagen vor. In Teilen können auch Aufzeichnungen zu den Betriebskosten (DIN 18960) als Grundlage herangezogen werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens erweitern und ergänzen wir die Datengrundlage.

Hinsichtlich der Methodik greifen wir auf die Riegel-Dissertation und den Steckbrief 16 in der Fassung der Pilotversion NBV2008 des Zertifizierungssystems der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) zurück. Die Finanzmathematische Methodik ist gleich. Auf dieser Grundlage entwickelte auch die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) die



Version NBV2009, die auch heute noch gilt. In dieser Fassung ist der Ersatzinvestitionszeitpunkt für ausgewählte Gewerke der Kostengruppen 300 und 400 neu.

Abschließend werden die ermittelten Werte der Nullmessung mit den Werten aus der EnOB – Forschungsinitiative verglichen, um festzustellen, wo Verbesserungspotentiale in Hinblick auf AP6 bestehen.

### 2.3.2 Arbeitspaket 4 – Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen

In AP4 wird untersucht, inwieweit heute am Markt verfügbare Technologien bzw. Innovationen, die kurz vor der Markteinführung stehen, ein Optimierungspotential hinsichtlich der Ressourceneffizienz von Gebäuden eröffnen, und als Standards der Zukunft geeignet sind. Dafür ist von Seiten der Ed. Züblin AG das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft (Fraunhofer IAO) und Organisation beauftragt worden, den Markt nach verfügbaren Technologien und Innovationen zu untersuchen, die kurz vor der Markteinführung stehen und Optimierungspotential für Ressourceneffiziente Gebäude haben. Die Ergebnisse werden dokumentiert und ausgewertet.

Die Identifizierung der Technologien erfolgt über die Erstellung einer Technologie-Liste, die ca. 300 Technologien beinhaltet. Diese werden danach bewertet, ob ein Innovationsgrad und in welcher Höhe vorliegt und ob die entsprechende Technologie relevant für Bürogebäude ist.

Um bewerten zu können, welche Technologie innovativ ist, wird Bezug genommen auf die *EN 45020 - Normung und damit zusammenhängende Tätigkeiten*:

| Begriff   | Merkmale                                   |                                |                                  |                                   | REG - Merkmale         |                                   |                     |
|---|--|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|---------------------|
|   | Wissenschaftliche Erkenntnis / Bestätigung | Praktische Erfahrung vorhanden | In Fachkreisen allgemein bekannt | In der Praxis langfristig bewährt | Wirtschaftlich machbar | Anteil für Liste der Innovationen | Wann                |
| <b>Anerkannte Regel der Technik</b>             | ja   | ja                             | ja                               | ja                                | ja                     | ca. 0 %                           | Heute               |
| <b>Stand der Technik</b>                        | ja   | teilweise /bedingt             | teilweise                        | nein                              | zu prüfen              | ca. 70 %                          | Heute / Morgen      |
| <b>Stand der Wissenschaft (und) der Technik</b> | ja   | nein                           | nein                             | nein                              | zu prüfen              | ca. 20 %                          | Morgen / Übermorgen |
| <b>Vision</b>                                   | nein                                       | nein                           | nein                             | nein                              |                        | ca. 10 %                          | Übermorgen          |

Im zweiten Schritt werden alle Technologien, welche innovativ sind bzw. als relevant angesehen werden, gefiltert und durch das Fraunhofer IAO in der „Liste der Innovationen“ ausgiebig beschrieben und bewertet.

Viele Technologien werden in der Praxis an der Umsetzung gehindert. Um aufzeigen zu können, welche Hindernisse die Umsetzung der Innovationen blockieren, werden die recherchierten Technologien durch unabhängige Experten in den Kategorien

- Investitionskosten
- Lebensdauer
- Betriebskosten
- Marktreife und
- Marketingwert

bewertet (siehe Bild). Das daraus entstehende Gesamtbild soll helfen, die Hindernisse erkennbar zu machen.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**2.3.3 Arbeitspaket 5 – Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse**

Das Arbeitspaket fünf beschäftigt sich mit der Entwicklung von Werkzeugen, die den Planungsprozess effizienter gestalten sollen. Dazu soll der Gedanke der Lean-Produktion auf den Bauprozess übertragen werden. Es wird untersucht, inwieweit sich serielle Prozesse, wie sie heute im Maschinenbau standardmäßig genutzt werden, auf die Bauprozesse mit ihren hohen individuellen Anforderungen übertragen lassen. Grundlage bildet dabei ein intelligentes 3D-Gebäudemodell.

Dazu werden in einem ersten Schritt existierende Softwaretools analysiert, die bereits bei der Planung verwendet werden. Es soll herausgefunden werden, welche Systeme am besten geeignet sind und welche in der Innovationsplattform integriert werden sollen. Dabei wird eine Bandbreite vom 3D-Modellen, Projektsteuerungssoftware bis zu Ausschreibungsprogrammen untersucht.

Darüber hinaus wird das Thema der Ökobilanzierung in die Innovationsplattform implementiert. Es soll gezeigt werden, dass durch Zuweisung von Informationen zur Umweltwirkung zu den einzelnen Bauteilen zu jedem Zeitpunkt des Planungs-, Ausführungs- und Betriebszeitraums eine Ökobilanz ermittelt werden kann.

Als zweites Werkzeug zur Unterstützung des Planungsprozesses wird eine Software entwickelt, die es erlaubt, zu einem sehr frühen Zeitpunkt in der Planung eine Bewertung von Energiekonzepten vorzunehmen. Dazu wird die Methode des „gerichteten Graphen“ genutzt, um über eine Matrix ein Auswahlverfahren zu steuern, das in Abhängigkeit von ausgewählten Gebäudequalitäten oder haustechnischer Ausstattung den Energiebedarf prognostiziert. Anhand der Referenzgebäude wird getestet, inwieweit sich die Methode des „gerichteten Graphen“ für dieses Verfahren eignet und wie groß die Aussagekraft der ermittelten Energiewerte ist.

Laserscanning als weiteres Verfahren zur Optimierung des Planungsprozesses existiert bereits. Untersucht wird hier, wie die Ergebnisse des Verfahrens auf der Innovationsplattform nutzbar gemacht werden können. Dazu wird eines der Referenzgebäude aufgenommen und virtuell modelliert. Die Ergebnisse werden für das 3D-Modell der Innovationsplattform genutzt, um den Detaillierungsgrad zu verbessern.

#### **2.3.4 Arbeitspaket 6 – Innovative Ansätze**

Im Rahmen der Nullmessung wurde für die ausgewählten Gebäude Züblin Hauptverwaltung, Züblin Z-zwo und Neckarstraße 121 (DVA) ermittelt, welche Ressourcenverbräuche zum heutigen Zeitpunkt bestehen. Aus der Analyse dieser Werte wurde abgeleitet, in welchen Bereichen Potentiale stecken, um den Verbrauch dieser Ressourcen zu reduzieren.

Parallel dazu wurde im Arbeitspaket 4 Technologien zusammengetragen und untersucht, die innovative Ansätze für den Bau und den Betrieb von Gebäuden bieten.

Das Arbeitspaket 6 sieht vor, dass die Ergebnisse der oben ausgeführten Schritte zusammengeführt werden. Ziel ist es, die Wirkung einzelner Maßnahmen bzw. deren

Kombination auf das zu optimierende Gebäude zu ermitteln. Der Schwerpunkt wird dabei zum einen auf den Energiebedarf gelegt. Zum anderen werden die notwendigen Investitionskosten und die darauf folgenden jährlichen Nutzungskosten errechnet. Den dritten Schwerpunkt bildet eine umfassende Ökobilanzierung der verschiedenen Optimierungsvarianten.

Die Untersuchungen werden anhand der Züblin Hauptverwaltung durchgeführt, da dieses als Bestandsgebäude das größte Potential für Verbesserungen in der Energiebilanz aufweist. Es werden vier Varianten entwickelt, die jeweils eine Kombination aus baulichen und technischen Maßnahmen darstellen. Über die benannten ENEV-Berechnungen, die Ökobilanzierung und die Lebenszykluskostenberechnung wird anschließend untersucht, welche Verbesserungen das jeweilige Maßnahmenpaket ergeben hat.

## Inhaltsverzeichnis

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>3</b>   | <b>Analyse der Nullmessung .....</b>                        | <b>9</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Gebäudeanalyse (allgemein).....</b>                      | <b>9</b>  |
| 3.1.1      | Züblin-Haus .....   | 9         |
| 3.1.1.1    | Lage.....   | 9         |
| 3.1.1.2    | Nutzung (-sgeschichte) .....                                | 9         |
| 3.1.1.2    | Nutzung (-sgeschichte) .....                                | 10        |
| 3.1.1.3    | Architektur (allgemein) .....                               | 10        |
| 3.1.1.4    | Rohbaustruktur .....  | 13        |
| 3.1.1.5    | Gebäudehülle.....   | 18        |
| 3.1.1.6    | Ausbau.....   | 20        |
| 3.1.1.7    | Außenanlagen.....   | 22        |
| 3.2.1      | Z-zwo .....   | 23        |
| 3.2.1.1.   | Lage.....   | 23        |
| 3.2.1.2    | Nutzung (-sgeschichte) .....                                | 24        |
| 3.2.1.3    | Architektur (allgemein) .....                               | 24        |
| 3.2.1.4    | Rohbaustruktur .....  | 25        |
| 3.2.1.4    | Rohbaustruktur .....  | 26        |
| 3.2.1.4    | Rohbaustruktur .....  | 27        |
| 3.2.1.5    | Gebäudehülle.....   | 31        |
| 3.2.1.6    | Ausbau.....   | 33        |
| 3.2.1.7    | Außenanlagen.....   | 34        |
| 3.3.1      | DVA – Neckarstraße 121 .....                                | 35        |
| 3.3.1.1    | Lage.....   | 35        |
| 3.3.1.2    | Nutzung (-sgeschichte) .....                                | 35        |
| 3.3.1.2    | Nutzung (-sgeschichte) .....                                | 36        |
| 3.3.1.3    | Architektur (allgemein) .....                               | 36        |
| 3.3.1.4    | Rohbaustruktur .....  | 39        |
| 3.3.1.5    | Gebäudehülle.....   | 43        |
| 3.3.1.6    | Ausbau.....   | 46        |
| 3.3.1.7    | Außenanlagen.....   | 48        |
| 3.1.4      | Analyse der Nutzbarkeit der Büroflächen .....               | 48        |
| 3.1.4.1    | Analyseziele.....   | 48        |
| 3.1.4.2    | Aufbau und Randbedingungen der Analyse .....                | 48        |
| 3.1.4.3    | Analyse - Nutzungsmöglichkeiten der Regelgeschosse .....    | 53        |
| 3.1.4.4    | Ergebnisse - Nutzungsmöglichkeiten der Regelgeschosse ..... | 57        |
| 3.1.4.5    | Fazit.....  | 60        |
| <b>3.2</b> | <b>Bauteilkatalog .....</b>                                 | <b>61</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 3.2.1      | Grundlagen .....  | 61         |
| 3.2.2      | Bauteilkatalog für EnEV-Berechnung .....                          | 63         |
| 3.2.2.1    | Einführung.....   | 63         |
| 3.2.2.2    | Züblin-Haus.....  | 63         |
| 3.2.2.3    | Z-zwo .....   | 64         |
| 3.2.2.4    | DVA .....   | 65         |
| 3.2.3      | Bauteilkatalog für Ökobilanzierung .....                          | 66         |
| 3.2.3.1    | Einführung.....   | 66         |
| 3.2.3.2    | Züblin-Haus.....  | 66         |
| 3.2.3.3    | Z-Zwo.....  | 67         |
| 3.2.3.4    | DVA .....   | 68         |
| <b>3.3</b> | <b>Energetischer Status – Betriebsdaten Verbräuche (IST).....</b> | <b>70</b>  |
| 3.3.1      | Züblin-Haus .....   | 70         |
| 3.3.1.1    | Energieverbrauchserfassung .....                                  | 70         |
| 3.3.1.2    | Gradtagszahl-Korrektur.....                                       | 72         |
| 3.3.1.3    | Betriebskostenerfassung .....                                     | 73         |
| 3.3.1.4    | Inflationsbereinigung.....  | 74         |
| 3.3.1.5    | Kennwertbildung als Vergleichsbasis.....                          | 76         |
|            | <i>Tabelle 3.3.1.5- 7 Benchmarks Züblinhaus</i> 3.3.1.6           |            |
| 3.3.1.6    | Aufschlüsseln des Energieflusses .....                            | 77         |
| 3.3.1.6    | Aufschlüsseln des Energieflusses.....                             | 78         |
| 3.3.2      | Z-zwo .....   | 86         |
| 3.3.2.1    | Energieverbrauchserfassung .....                                  | 86         |
| 3.3.2.2    | Gradtagszahl-Korrektur.....                                       | 86         |
| 3.3.2.3    | Betriebskostenerfassung .....                                     | 88         |
| 3.3.2.4    | Inflationsbereinigung.....  | 88         |
| 3.3.2.5    | Kennwertbildung als Vergleichsbasis.....                          | 91         |
| 3.3.2.6    | Aufschlüsseln des Energieflusses.....                             | 92         |
| 3.3.3      | DVA.....  | 98         |
| 3.3.3.1    | Energieverbrauchserfassung .....                                  | 98         |
| 3.3.3.2    | Gradtagszahl-Korrektur.....                                       | 98         |
| 3.3.3.3    | Betriebskostenerfassung .....                                     | 100        |
| 3.3.3.4    | Inflationsbereinigung.....  | 100        |
| 3.3.3.5    | Kennwertbildung als Vergleichsbasis.....                          | 103        |
| 3.3.3.6    | Aufschlüsseln des Energieflusses.....                             | 104        |
| <b>3.4</b> | <b>Energetischer Status – Einzonensimulation .....</b>            | <b>109</b> |
| 3.4.1      | Züblin-Haus .....   | 109        |
| 3.4.1.1    | Simulationsverfahren .....  | 109        |
| 3.4.1.1    | Grundlagen der thermischen Basis-Gebäudesimulation.....           | 110        |
| 3.4.1.2    | Aufbau eines 3D-Modells.....                                      | 110        |
| 3.4.1.3    | Verschattungsanalyse.....   | 111        |

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| 3.4.1.4      | Vereinfachung des Modells.....   | 114        |
| 3.4.1.5      | Bauphysikalische Parameter.....  | 116        |
| 3.4.1.6      | Innere / äußere Lasten.....  | 117        |
| 3.4.1.7      | Wetterdaten .....  | 118        |
| 3.4.1.8      | Detailbetrachtungen.....   | 121        |
| 3.4.1.9      | Beschreibung der Simulationen .....  | 131        |
| 3.4.1.10     | Basissimulation .....  | 132        |
| 3.4.1.11     | Variante 1.....  | 138        |
| 3.4.1.12     | Variante 2.....  | 145        |
| 3.4.1.13     | Variante 3.....  | 151        |
| 3.4.1.15     | Fazit .....  | 158        |
| <b>3.4.2</b> | <b>Z-zwo .....</b>   | <b>159</b> |
| 3.4.2.1      | Simulationen Transsolar und EGS.....                                       | 159        |
| <b>3.4.3</b> | <b>DVA.....</b>  | <b>159</b> |
| 3.4.3.1      | Simulationsverfahren .....   | 159        |
| 3.4.3.2      | Grundlagen der thermischen Basis-Gebäudesimulation.....                    | 161        |
| 3.4.3.3      | Modellbeschreibung und Zonierung.....                                      | 161        |
| 3.4.3.4      | Bauphysikalische Parameter.....  | 163        |
| 3.4.3.5      | Innere / äußere Lasten.....  | 164        |
| 3.4.3.6      | Wetterdaten .....  | 165        |
| 3.4.3.7      | Detailbetrachtungen.....   | 168        |
| 3.4.2.8      | Beschreibung der Simulationen .....  | 174        |
| 3.4.3.9      | Basissimulation 2.OG .....   | 175        |
| 3.4.3.10     | Variante 1.....  | 179        |
| 3.4.3.11     | Variante 2 Unterstützende Kühlung über RLT .....                           | 183        |
| 3.4.3.12     | Fazit .....  | 189        |
| <b>3.5</b>   | <b>Energetischer Status – Energiebedarfsberechnung (EnEV).....</b>         | <b>192</b> |
| 3.5.1        | Grundlagen .....   | 192        |
| 3.5.2        | Züblin-Haus .....  | 195        |
| 3.5.2.1      | Gebäudespezifische Kriterien .....   | 195        |
| 3.5.2.2      | Ergebnisse.....  | 199        |
| 3.5.3        | Z-zwo .....  | 206        |
| 3.5.3.1      | Gebäudespezifische Kriterien .....   | 206        |
| 3.5.3.2      | Ergebnisse.....  | 210        |
| 3.5.4        | DVA.....   | 218        |
| 3.5.4.1      | Gebäudespezifische Kriterien .....   | 218        |
| 3.5.4.2      | Ergebnisse.....  | 221        |
| 3.5.5        | Vergleichsstudie normativer Energiestandard seit 1. WSchVo bis heute ..... | 229        |
| 3.5.5.1      | Einführung.....  | 229        |
| 3.5.5.2      | Züblin-Haus.....   | 232        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 3.5.5.3    | Z-zwo .....   | 238        |
| 3.5.5.4    | DVA .....   | 248        |
| <b>3.6</b> | <b>Ökobilanzierung.....</b>   | <b>259</b> |
| 3.6.1      | Allgemeine Grundlagen der Untersuchung .....  | 259        |
| 3.6.2      | Züblin-Haus .....   | 267        |
| 3.6.2.1    | Gebäudespezifische Kriterien .....  | 267        |
| 3.6.2.2    | Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt) .....   | 270        |
| 3.6.2.3    | Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien.....  | 275        |
| 3.6.2.4    | Fazit .....   | 293        |
| 3.6.3      | Z-zwo .....   | 294        |
| 3.6.3.1    | Gebäudespezifische Kriterien .....  | 294        |
| 3.6.3.2    | Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt) .....   | 297        |
| 3.6.3.3    | Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien.....  | 301        |
| 3.6.3.4    | Fazit .....   | 325        |
| 3.6.4      | DVA.....  | 327        |
| 3.6.4.1    | Gebäudespezifische Kriterien .....  | 327        |
| 3.6.4.2    | Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt) .....   | 330        |
| 3.6.4.3    | Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien.....  | 334        |
| 3.6.4.4    | Fazit .....   | 352        |
| 3.6.5      | Schnittstellen zur Kalkulation.....   | 353        |
| 3.6.5.1    | Allgemeine Grundlagen der Untersuchung .....  | 353        |
| 3.6.5.2    | Ermittlung der Ökobilanzierung und Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem<br>Projektkenndatenblatt .....   | 354        |
| 3.6.5.3    | Aufstellung der notwendigen Maßnahmeschritte für die Einbindung der Ökobilanzierung in die<br>ARRIBA® unterstützte Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware..... | 363        |
| 3.6.5.4    | Fazit .....   | 369        |
| <b>3.7</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten - Wärmeschutz .....</b>  | <b>371</b> |
| 3.7.1      | Züblin-Haus .....   | 371        |
| 3.7.1.1    | Allgemeine Grundlagen der Untersuchung .....  | 371        |
| 3.7.1.2    | Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes .....  | 371        |
| 3.7.1.3    | Fazit .....   | 377        |
| 3.7.2      | Z-zwo .....   | 378        |
| 3.7.2.1    | Allgemeine Grundlagen der Untersuchung .....  | 378        |
| 3.7.2.2    | Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes .....  | 378        |
| 3.7.2.3    | Fazit .....   | 384        |
| 3.7.3      | DVA.....  | 385        |
| 3.7.3.1    | Allgemeine Grundlagen der Untersuchung .....  | 385        |
| 3.7.3.2    | Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes .....  | 385        |
| 3.7.3.3    | Fazit .....   | 391        |
| <b>3.8</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten - Wärmebrücken.....</b>  | <b>392</b> |



|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| 3.8.1       | Allgemeine Grundlagen .....  | 392        |
| 3.8.1.1     | Einleitung .....   | 392        |
| 3.8.1.2     | Methode .....  | 394        |
| 3.8.1.3     | Kriterien.....   | 399        |
| 3.8.1.3     | Ziele .....  | 399        |
| 3.8.2       | Züblin Haus.....   | 400        |
| 3.8.2.1     | Planunterlagen.....  | 400        |
| 3.8.2.2     | Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen .....           | 401        |
| 3.8.2.3     | Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen .....                 | 407        |
| 3.8.2.4     | Fazit .....  | 408        |
| 3.8.3       | Z-zwo .....  | 410        |
| 3.8.3.1     | Planunterlagen.....  | 410        |
| 3.8.3.2     | Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen .....           | 411        |
| 3.8.3.3     | Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen .....                 | 418        |
| 3.8.3.4     | Fazit .....  | 419        |
| 3.8.4       | DVA.....   | 421        |
| 3.8.4.1     | Planunterlagen.....  | 421        |
| 3.8.4.2     | Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen .....           | 422        |
| 3.8.4.3     | Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen .....                 | 429        |
| 3.8.4.4     | Fazit .....  | 430        |
| <b>3.9</b>  | <b>Bauphysikalische Qualitäten – Schallschutz und Raumakustik.....</b> | <b>433</b> |
| 3.9.1       | Allgemeine Grundlagen .....  | 433        |
| 3.9.2       | Züblin-Haus .....  | 434        |
| 3.9.2.1     | Istzustand der schallschutztechnischen Qualität.....                   | 434        |
| 3.9.2.2     | Bewertungsmatrix .....   | 438        |
| 3.9.2.3     | Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Züblinhaus .....            | 444        |
| 3.9.2.4     | Fazit .....  | 444        |
| 3.9.3       | Z-zwo .....  | 445        |
| 3.9.3.1     | Istzustand der schallschutztechnischen Qualität.....                   | 445        |
| 3.9.3.2     | Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Z-Zwo .....                 | 449        |
| 3.9.3.3     | Fazit .....  | 449        |
| 3.9.4       | DVA.....   | 450        |
| 3.9.4.1     | Istzustand der schallschutztechnischen Qualität.....                   | 450        |
| 3.9.4.2     | Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes DVA .....                   | 452        |
| 3.9.4.3     | Fazit .....  | 453        |
| <b>3.10</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeit .....</b>             | <b>454</b> |
| 3.10.1      | Allgemeine Grundlagen .....  | 454        |
| 3.10.2      | Züblin-Haus .....  | 455        |
| 3.10.2.1    | Luftwechselrate $n_{50}$ .....   | 455        |
| 3.10.2.2    | Blower-Door-Messung .....  | 456        |

|             |   |            |
|-------------|---|------------|
| 3.10.2.3    | Weiterführende Auswertungen.....                                      | 458        |
| 3.10.2.4    | Fazit .....   | 461        |
| 3.10.3      | Z-zwo .....   | 462        |
| 3.10.3.1    | Luftwechselrate $n_{50}$ .....  | 462        |
| 3.10.3.2    | Blower-Door-Messung .....   | 463        |
| 3.10.3.3    | Weiterführende Auswertungen.....                                      | 466        |
| 3.10.3.4    | Fazit .....   | 469        |
| 3.10.4      | DVA.....  | 470        |
| 3.10.4.1    | Luftwechselrate $n_{50}$ .....  | 470        |
| 3.10.4.2    | Blower-Door-Messung .....   | 471        |
| 3.10.4.3    | Weiterführende Auswertungen.....                                      | 473        |
| 3.10.4.4    | Fazit .....   | 476        |
| <b>3.11</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten – Behaglichkeit.....</b>               | <b>478</b> |
| 3.11.1      | Allgemeine Grundlagen .....   | 478        |
| 3.11.2      | Züblin-Haus .....   | 479        |
| 3.11.2.1    | Nutzerkomfort-Messungen.....  | 479        |
| 3.11.2.2    | Ergänzende Auswertungen.....  | 485        |
| 3.11.2.3    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz .....             | 491        |
| 3.11.2.4    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht.....             | 496        |
| 3.11.2.5    | Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger ..... | 501        |
| 3.11.2.6    | Fazit .....   | 507        |
| 3.11.3      | Z-zwo .....   | 508        |
| 3.11.3.1    | Nutzerkomfort-Messungen.....  | 508        |
| 3.11.3.2    | Umsetzung der Vergleichbarkeit .....                                  | 514        |
| 3.11.3.3    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz .....             | 517        |
| 3.11.3.4    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht.....             | 520        |
| 3.11.3.5    | Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger ..... | 523        |
| 3.11.3.5    | Fazit .....   | 529        |
| 3.11.4      | DVA.....  | 530        |
| 3.11.4.1    | Nutzerkomfort-Messungen.....  | 530        |
| 3.11.4.2    | Umsetzbarkeit der Vergleichbarkeit .....                              | 536        |
| 3.11.4.3    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz .....             | 539        |
| 3.11.4.4    | Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht.....             | 541        |
| 3.11.4.5    | Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger ..... | 544        |
| 3.11.4.6    | Fazit .....   | 550        |
| <b>3.12</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten – Wetterdaten .....</b>                | <b>552</b> |
| 3.12.1      | Einführung .....  | 552        |
| 3.12.2      | Quellen für Wetterdaten.....  | 552        |
| 3.12.3      | Vergleich der Wetterdaten .....                                       | 568        |
| 3.12.4      | Fazit .....   | 585        |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| <b>3.13</b> | <b>Bauphysikalische Qualitäten – Sonnenschutz .....</b>  | <b>588</b> |
| 3.13.1      | Ziel .....   | 588        |
| 3.13.2      | Auswertung Erfassungslisten .....  | 588        |
| <b>3.14</b> | <b>Lebenszykluskosten .....</b>  | <b>591</b> |
| 3.14.1      | Einleitung .....   | 591        |
| 3.14.2      | Ziel .....   | 591        |
| 3.14.3      | Methode .....  | 591        |
| 3.14.4      | Systemgrenzen .....  | 593        |
| 3.14.5      | Ergebnis .....   | 594        |
| 3.14.6      | Auswertung .....   | 599        |
| 3.14.7      | Fazit .....  | 599        |
| 3.14.8      | Literaturverzeichnis .....   | 600        |
| <b>3.15</b> | <b>Zertifizierung Z-zwo .....</b>  | <b>601</b> |
| 3.15.1      | Bewertung allgemein .....  | 601        |
| 3.15.2      | Ökologische Qualität .....   | 607        |
| 3.15.2.1    | Wirkungen auf die globale Umwelt .....   | 607        |
| 3.15.2.2    | Ressourcenanspruchnahme und Abfallaufkommen .....  | 608        |
| 3.15.3      | Ökonomische Qualität .....   | 608        |
| 3.15.3.1    | Lebenszykluskosten .....   | 608        |
| 3.15.3.2    | Wertentwicklung .....  | 609        |
| 3.15.4      | Soziokulturelle und Funktionale Qualität .....   | 609        |
| 3.15.4.1    | Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit .....  | 609        |
| 3.15.4.2    | gestalterische Qualität .....  | 612        |
| 3.15.5      | Technische Qualität .....  | 612        |
| 3.15.5.1    | Qualität der technischen Ausführung .....  | 612        |
| 3.15.6      | Prozessqualität .....  | 613        |
| 3.15.6.1    | Qualität der Planung .....   | 613        |
| 3.15.6.2    | Qualität der Bauausführung .....   | 613        |
| 3.15.7      | Standortqualität .....   | 613        |
| 3.15.8      | Fazit .....  | 613        |
| <b>3.16</b> | <b>Fazit AP3 .....</b>   | <b>615</b> |
| 3.16.1      | Einleitung .....   | 615        |
| 3.16.2      | Ergebnisdarstellung und Vergleich mit EnoB-Projekten .....   | 615        |
| 3.16.2.1    | Energetischer Status – Betriebsdaten .....   | 615        |
| 3.16.2.2    | Thermische Einzonensimulation, Tageslichtquotienten und Wetterdaten (TGA) .....                              | 619        |
| 3.16.2.3    | Nutzbarkeit der Büroflächen .....  | 623        |
| 3.16.2.4    | Energetische Status – Energiebedarfsberechnung (EnEV) und Bauphysikalische Qualitäten -<br>Wärmeschutz ..... | 624        |
| 3.16.2.5    | Ökobilanzierung .....  | 636        |
| 3.16.2.6    | Bauphysikalische Qualitäten - Wärmebrücken .....   | 646        |

|             |  |            |
|-------------|--|------------|
| 3.16.2.7    | Bauphysikalische Qualitäten – Schallschutz und Raumakustik ..... | 649        |
| 3.16.2.8    | Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeiten .....            | 655        |
| 3.16.2.9    | Bauphysikalische Qualitäten – Behaglichkeit Nutzerkomfort .....  | 658        |
| <b>3.17</b> | <b>Kennwerttabelle .....</b>                                     | <b>672</b> |
| <b>3.18</b> | <b>Anlagen.....</b>  | <b>684</b> |
|             | Kapitel 3.2.....   | 684        |
|             | Kapitel 3.4.....   | 684        |
|             | Kapitel 3.5.....   | 684        |
|             | Kapitel 3.6.....   | 684        |
|             | Kapitel 3.7.....   | 685        |
|             | Kapitel 3.8.....   | 685        |
|             | Kapitel 3.9.....   | 685        |
|             | Kapitel 3.10.....  | 686        |
|             | Kapitel 3.11.....  | 686        |
|             | Kapitel 3.13.....  | 686        |

### 3 Analyse der Nullmessung

#### 3.1 Gebäudeanalyse (allgemein)

##### 3.1.1 Züblin-Haus

###### 3.1.1.1 Lage

Die Hauptverwaltung der Ed. Züblin AG befindet sich auf dem Grundstück Albstadtweg Nr. 3 in Stuttgart-Möhringen. Das Grundstück ist verkehrsgünstig gelegen. Über die Nord-Süd-Straße besteht Anschluss an die Autobahnen A8 (Flughafen Stuttgart) und A81/A831. Die nahe U-Bahnstation SSB-Zentrum bietet einen direkten Zugang zum ÖPNV-System der Region Stuttgart.



Das Grundstück liegt zwischen Albstadtweg, Vaihinger Straße und U-Bahntrasse. Es ist ca. 100 m breit und etwa 170 m lang. Die lange Seite ist in Nord-Süd-Richtung orientiert. Das Grundstück fällt zur U-Bahntrasse hin leicht ab.

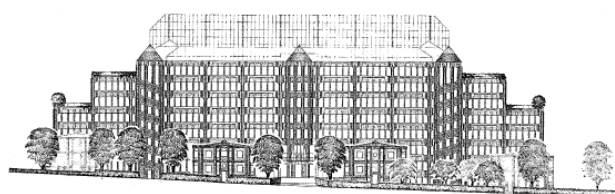


Abb. 3.1.1.1-1: Ansicht<sup>1</sup>





### 3.1.1.2 Nutzung (-sgeschichte)

Die Hauptverwaltung der Ed. Züblin AG wurde in den Jahren 1983 und 1984 von der Firma selbst errichtet. Seit dem Einzug wurde das Gebäude durchgängig als Hauptverwaltung und Niederlassungssitz durch die Ed. Züblin AG genutzt.

Neben seiner Funktion als Bürogebäude für 600 bis 700 Mitarbeiter nimmt das Züblin-Haus auch den Empfang, die Kantine und Cafeteria sowie in den Untergeschossen ein technisches Prüflabor für Baustoffe, die Hausdruckerei und eine Tiefgarage auf.

### 3.1.1.3 Architektur (allgemein)

#### Bauvolumen

Das Gebäude besteht aus zwei parallelen Büroflügeln, die sich über knapp 100 m Länge in Nord-Süd-Ausrichtung längs des Albstadtweges erstrecken. Die beiden im Abstand von 24 m stehenden 7- bzw. 8-geschossigen (6 Obergeschosse) Flügel sind im Grundriss durch je drei Kernbereiche unterteilt. In diesen Bereichen sind die Geschosse jeweils durch Stege miteinander verbunden. Diese Verbindungswege werden mit einem sattelförmigen Glasdach überspannt und durch die Verglasung der beiden Giebelseiten zu einer die beiden Büroflügel verbindenden 60m langen Glashalle zusammengefasst. Der Hallenboden stuft sich nach Süden mit dem Gelände um ein Geschoss ab, so dass dort die Halle eine Höhe von 33m erreicht - gleichzeitig die größte Gebäudehöhe. Unter der Halle befindet sich die ein- bzw. zweigeschossige Tiefgarage. Über dem 3. und 5. OG verkürzen sich jeweils die Geschosslängen, wodurch im 4. und 6. OG jeweils Dachterrassen am Ende der Büroflügel entstehen. Über dem 6. OG nehmen Satteldachaufbauten Teile der Gebäudetechnik auf. Die Gebäudezufahrt am Albstadtweg säumen zwei 2-geschossige Wohnhäuser, die Hausmeister- und Gästewohnungen beherbergen.

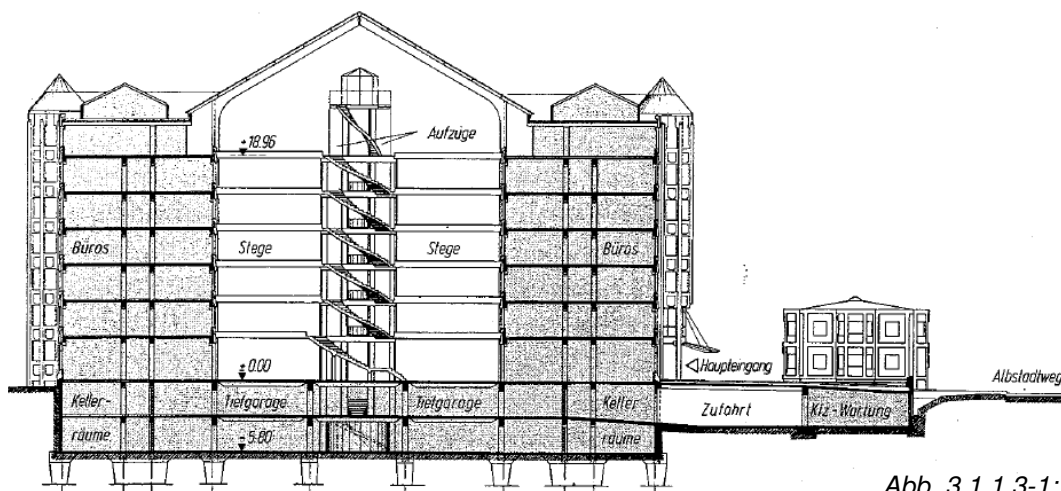
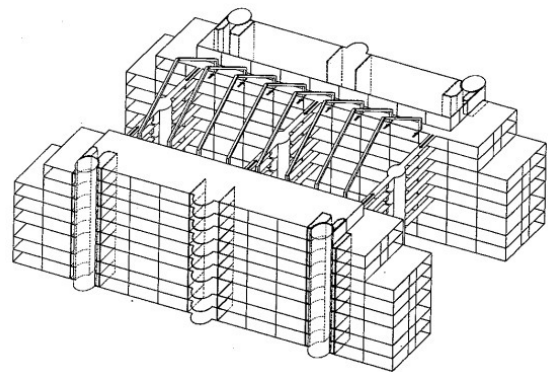


Abb. 3.1.1.3-1: Querschnitt<sup>1</sup>

### Baustruktur

Die Obergeschosse (1. – 6. OG) beider Gebäudeflügel nehmen nahezu alle Büroflächen des Züblin-Hauses auf. In jedem Flügel erschließt ein mittig liegender Flur die Büroräume. Er verbindet zudem drei Kerne, um die Fluchttreppenhäuser, Bürotechnikräume, Schächte und WC-Anlagen gruppiert sind. Von jedem dieser Kerne führt ein Steg durch die Glashalle zum anderen Gebäudeflügel. In den Bürozonon können auf einem Ausbauraster von 1,20 m Bürotrennwände gestellt werden. Dies ermöglicht eine flexible Raumgrößeneinteilung. Die Tiefe der Büros beträgt 4,80 m. Eine Schrankwand trennt Flur und Büros voneinander. Die Erschließung der Büros im 6. OG erfolgt neben den Kernen über eine zur Glashalle hin liegende Galerie.

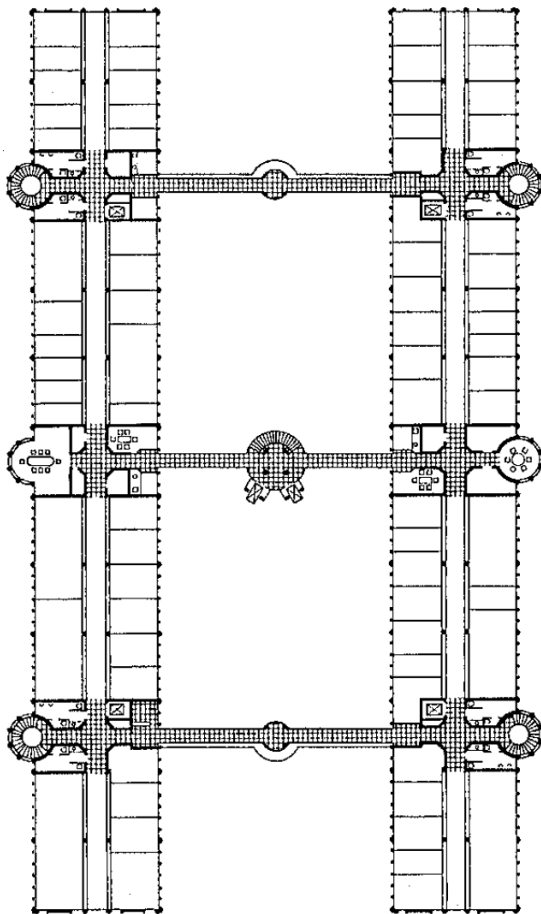


Abb. 3.1.1.3-2: Standard-Bürogeschoss (volle Länge)<sup>1</sup>

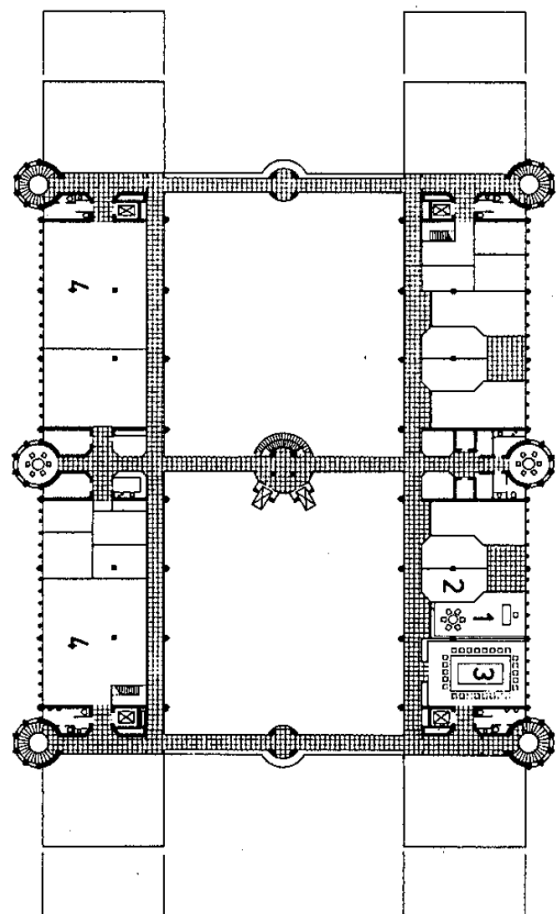


Abb. 3.1.1.3-3: 6. Obergeschoss<sup>1</sup>

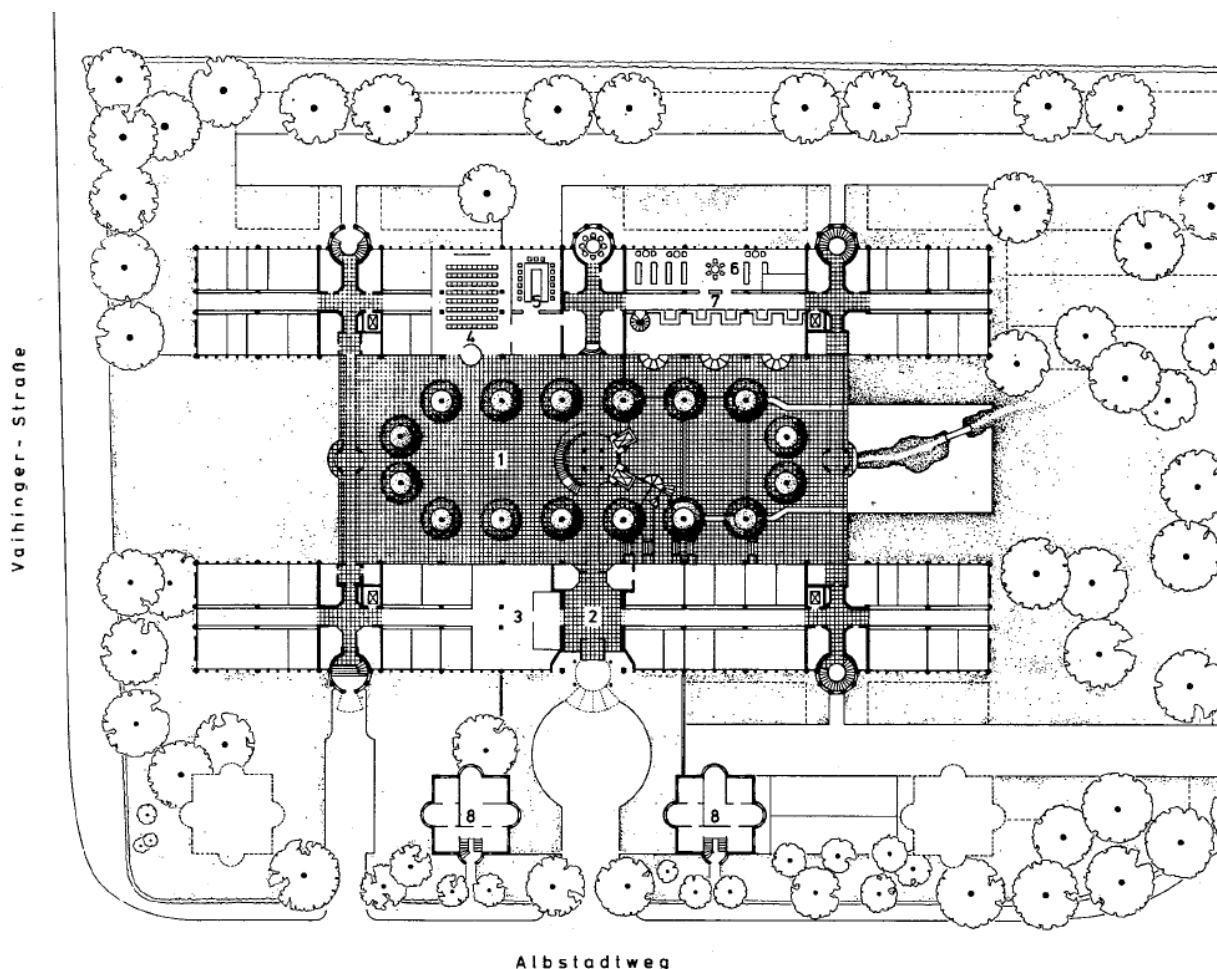


Abb. 3.1.1.3-4: Grundriss Erdgeschoss<sup>1</sup>

Erdgeschoss und Untergeschoss der beiden Gebäudetrakte beherbergen jeweils unterschiedliche Nutzungsbereiche.

Im Westflügel sind im EG der Haupteingang mit Pforte sowie Konferenzräume und Büros untergebracht. Das 1. UG umfasst neben Tiefgarageneinfahrt, Hausdruckerei und Poststelle diverse Lager- und Nebenräume. Im 2. UG liegen Tiefgaragenstellplätze sowie Keller- und Haustechnikräume.

Im EG des Ostflügels umfassen die Bereiche Cafeteria (EG) und Kantine (1. UG) etwa ein Drittel der Geschossfläche. Daneben sind im EG ebenfalls Konferenz- und Büroräume untergebracht. Die Küche grenzt mit der Essensausgabe im 1. UG an die Kantine. Auch das technische Prüflabor und der Verbindungstunnel zum Erweiterungsbau Z-Zwo (s. folgender Abschnitt) sind hier zu finden. Im 2. UG liegen Kühlräume für die Küche, Archiv- und Lagerräume sowie Haustechnikräume.

Die Tiefgarage im 1. und 2. UG umfasst ca. 150 PKW-Stellplätze in 90°-Aufstellung.



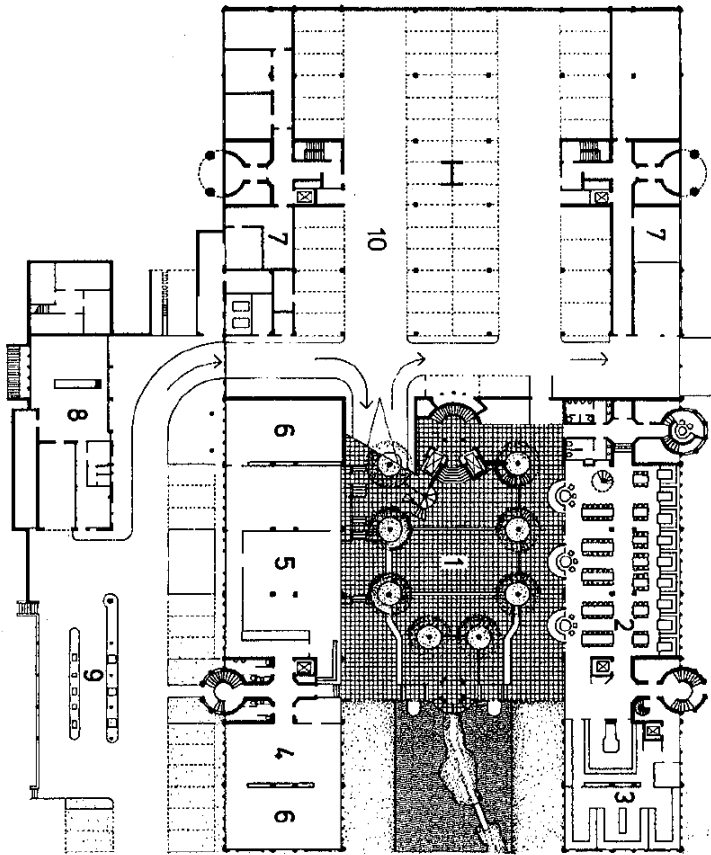


Abb. 3.1.1.3-5: 1. Untergeschoss<sup>1</sup>

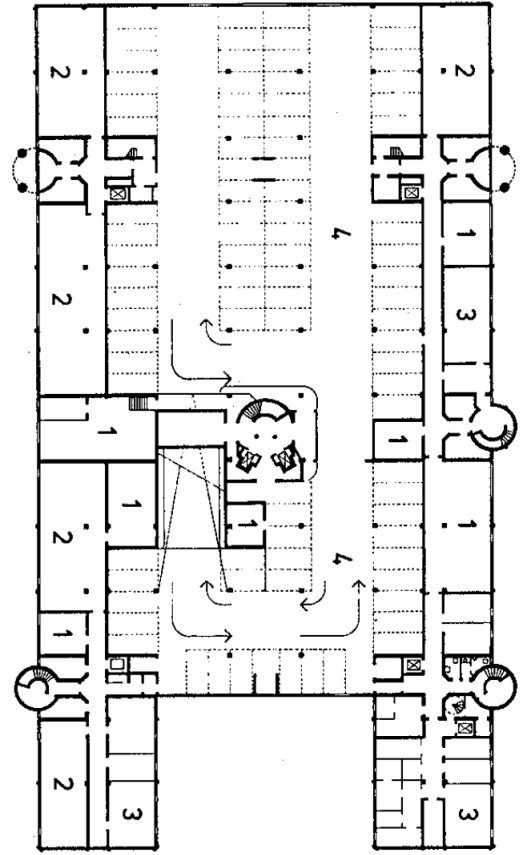


Abb. 3.1.1.3-6: 2. Untergeschoss<sup>1</sup>

### 3.1.1.4 Rohbaustruktur

Die Konstruktion der Züblin-Hauptverwaltung besteht zu einem Großteil aus Stahlbetonfertigteilen oder -halfertigteilen aus rot gefärbtem Beton.

Die Bürolügel weisen ein Konstruktionsraster von 2,40 / 7,20 m auf. Darauf stehen pro Querachse jeweils zwei Mittelstützen (40 / 40 cm) und zwei runde Fassadenstützen. Zwischen den Mittelstützen liegen in der Flurzone Troglplatten. Zwischen den Fassadenstützen spannen L-Träger. Beide Elemente liegen jeweils auf Konsolen. Auf die zwischen den Stützen liegenden Fertigteile lagern Halfertigteildecken, die in Querrichtung spannen. Durch Aufbetonieren vor Ort konnten sie zu einer Decke als Durchlaufkonstruktion betoniert werden.

Die Fassaden-Fertigteilstützen reichen über maximal drei Geschosse und müssen somit ein bzw. zweimal gestoßen werden. Die Tragkonstruktion der Decke über 6. OG ist um 90° gedreht, da zur Halle hin wegen der dort vorgesehenen Galerie keine Randträger mehr möglich waren.

Die Aussteifung beider Gebäuderiegel erfolgte über die Treppenhäustürme und eine Querwand im Mittelturn. An dieser Wand ist eine Gebäudequerfuge angeordnet, die anschließende Decke

wird über eine Querkraftkonsole gehalten. Die aussteifenden Wände der Türme wurden teilweise vorgefertigt, teils an Ort und Stelle betoniert.

Die vier an der Außenfassade liegenden Treppentürme sind ebenfalls reine Stahlbetonfertigteilkonstruktionen. Die Treppenläufe sind pro Geschoss dreigeteilt. Der obere und untere Teil lagern jeweils auf auskragenden Konsolen einer Außenstütze. Der dritte Teil der Treppe ist in die beiden anderen Läufe eingehängt. Von dieser Konstruktion werden die restlichen Fassadenstützen gehalten. Zwischen den Stützen wurden die parallelogrammförmig gekrümmten Brüstungsplatten eingehängt.

Das Glasdach der Halle spannt über 24m. Die Tragkonstruktion besteht aus vorgefertigten Dreigelenkbindern aus rotem Stahlbeton im Abstand von 7,20 m. Sie führen die Form der Hauptfassadenstützen bis zum First des Daches weiter. Der Horizontalschub am Fußpunkt der Binder wird teilweise in die Decke über dem 5. OG abgegeben. Vorgespannte Spannritzen ohne Verbund nehmen im Steg 6. OG die übrigen Schubkräfte auf.

Die Stege, die Mitteltürme, die Hallentreppe und die Tragkonstruktion der Hallenaufzüge wurden ebenfalls aus rot eingefärbten Stahlbetonfertigteilen erstellt.

Neben dem Eigengewicht der tragenden Bauteile ist bei der Berechnung eine Ausbaulast von  $1,03 \text{ kN/m}^2$  auf die Decken angesetzt. Zu der Regelverkehrslast von  $2,75 \text{ kN/m}^2$  kommt eine Linienlast von  $7,0 \text{ kN/m}$  für eine Schrankwand hinzu.

Bei der Dachkonstruktion wird ebenfalls das Eigengewicht der tragenden Bauteile (Decke, Dachträger) sowie der Attika berücksichtigt. Für den Ausbau, die Technik und eine leichte Dachkonstruktion werden  $3,0 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. Die berücksichtigte Schneelast ist mit  $0,80 \text{ kN/m}^2$  angenommen.

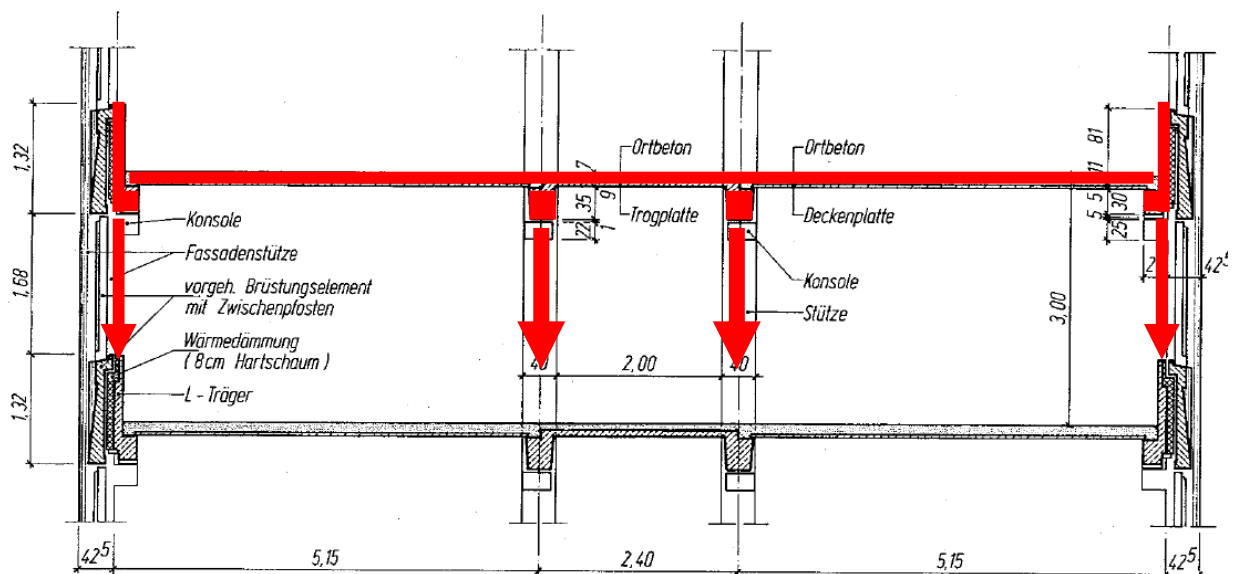


Abb. 3.1.1.4-1: Tragsystem Bürogeschosse<sup>1</sup>

## Gründung

Die Gründung des Gebäudes erfolgt über Fundamente. Wie oben beschrieben werden die Lasten aus

den Stützen in die Fundamente geleitet. Vereinfacht kann in drei Regelfundamente unterschieden werden. Das Fundament unter den Randstützen hat Abmessungen von 2,10 m x 1,70 m bei einer Dicke von 90 cm. Zwei nah beieinander stehende Innenstützen sind im Regelfall auf einem Fundament 4,60 m x 1,70 m gegründet. Diese Fundamente haben ebenfalls eine Dicke von 90 cm. Unter einer einzelnen Innenstütze betragen die

Abmessungen des Regelfundamentes 2,10 m x 2,10 m (Dicke 90 cm). Bei allen Fundamenten beträgt die gewählte Betongüte B35 (entspricht heute einem C30/37) bei einer Betondeckung von  $c = 3$  cm. Die verwendeten Betonstähle sind BSt 420 und BSt 500.

Die Bodenplatte unter den Hauptgebäuden hat eine variable Dicke von 15 bis 20 cm. In der Halle ist die Bodenplatte konstant 15 cm dick. Der eingesetzte Beton ist ein B35 (heute C30/37) Sperrbeton (heute WU-Beton), der verwendete Stahl hat die Güte BSt 420 und BSt 500. Die Bodenplatten sind durchgängig mit Matten Q188 bewehrt. Zulagen gibt es im Bereich der Stützen. Beim Züblin-Haus gibt es keine Spezialgründungen.

## Aufgehende Bauteile

Die Geschosshöhe der beiden Untergeschosse beträgt im nördlichen Teil des Gebäudes 2,90 m, im südlichen Teil 3,34 m und 3,46 m. Das Erdgeschoss hat eine Höhe von 4,00 m (Süd 3,00 m), im 6. Obergeschoss sind dies 3,10 m. Bei den Regelgeschossen vom 1. bis zum 5. OG beträgt die Geschosshöhe 3,00 m.

Alle eingesetzten Stützen sind Fertigteile. Im Folgenden wird auf die verschiedenen Stütztypen eingegangen.

Die rechteckigen Innenstützen unterscheiden sich in zwei Haupttypen mit Abmessungen von 24 cm x 40 cm mit einer Stützenlänge von 6,00 m bzw. 40 cm x 40 cm mit einer Länge von 20 m. Der gewählte Beton ist ein B55 (entspricht C45/55), die Betondeckung beträgt  $c = 1,5$  cm.

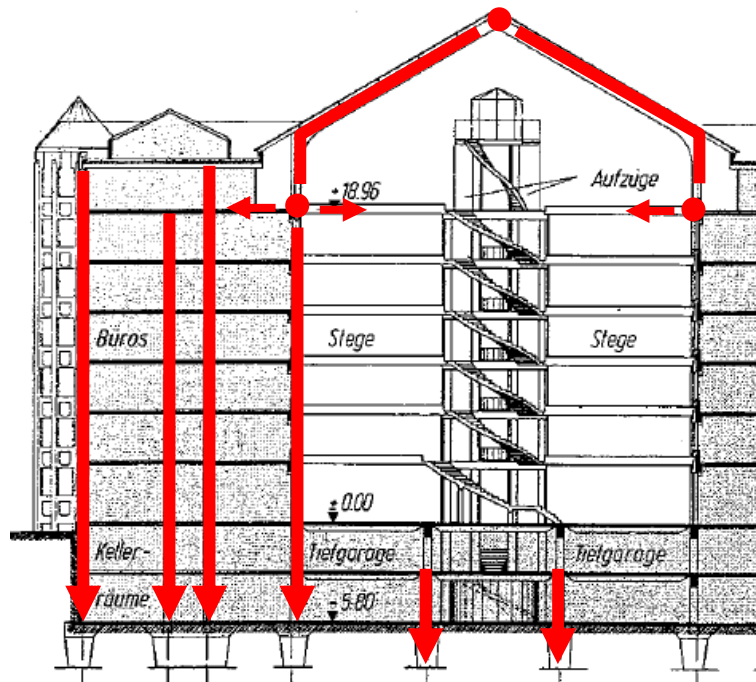


Abb. 3.1.1.4-2: Vertikallastableitung Vertikallastableitung<sup>1</sup>

Die eingesetzten Betonstähle sind BSt 420 und BSt 500. Die Abmessungen der an den Stützen angebrachten Konsolen betragen 40 cm x 22 cm x 22 cm.

Die Randstützen an den Gebäudestirnseiten haben einen rechteckigen Querschnitt von 40 cm x 24 cm bei einer Länge von 10,00 m. Die Fassadenstützen haben den in Abb. 3A.3.1-4 gezeigten Querschnitt und eine Länge von 14,00 m bis 17,00 m. Der verwendete Beton bei beiden Stützentypen ist ein C45/55. Die verwendeten Betonstähle sind BSt 420 und BSt 500. Die Betondeckung beträgt bei den Randstützen  $c = 1,5$  cm, bei den Fassadenstützen  $c = 2,0$  cm. Die Standardkonsolen haben die Abmessungen 40 cm x 22 cm x 22 cm. Teilweise sind bei den Fassadenstützen die Konsolen als gestalterisches Fassaden-/Brüstungselement ausgeführt.

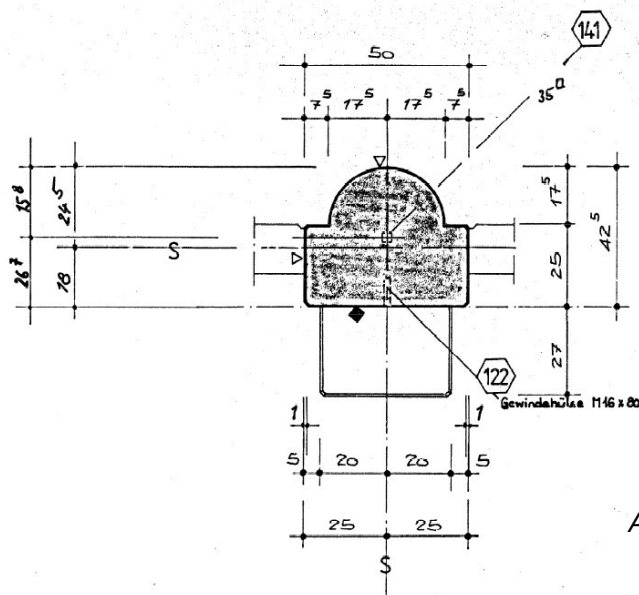


Abb. 3.1.1.4-3: Querschnitt einer Fassadenstütze

Die Eckstützen sind ebenfalls als Fassadenstützen mit einem Querschnitt gemäß der obigen Abbildung ausgeführt. Die Länge der Stützen beträgt ca. 14,00-17,00 m. Der verwendete Beton ist ein C45/55. Die eingesetzten Betonstähle sind BSt 420 und BSt 500. Die eingehaltene Betondeckung beläuft sich auf  $c = 2,0$  cm. Auch hier sind die Konsolen als Fassaden-/Brüstungselement ausgeführt.

Die Außenwände in den Untergeschossen haben eine Dicke  $d = 25$  cm. Ausgeführt sind diese Wände in B35 (entspricht C30/37) bei einer Betondeckung von  $c = 1,5$  cm. Die außen liegende Bewehrung ist mit Matten Q188 ausgeführt. Innen liegen hingegen Listenmatten 317/220 bis 513/220.

Die Wände der Kerne sind  $d = 20$  cm dick. Der eingesetzte Beton ist ebenfalls ein B35 (entspricht C30/37). Der verwendete Betonstahl ist BSt 420 und BSt 500 bei einer Betondeckung von  $c = 1,5$  cm. Die Wände sind beidseitig mit Matten Q221 bewehrt.

### Decken und Dach

Das Deckensystem besteht aus auf Fertigteilunterzügen aufliegenden Filigrandeckenplatten, die mit Aufbeton ihren Endzustand erreichen. An den Außenseiten der beiden Hauptgebäude übernehmen nicht Unterzüge sondern Fertigteil-Brüstungen den Lastabtrag zu den Stützen. Die Decken sind einachsrig quer zur Gebäudelängsrichtung gespannt.

In der Spannrichtung ergibt sich im Endzustand ein dreifeldriges Durchlaufträgersystem mit Feldlängen von zweimal 5,15 m in den Endfeldern und 2,40 m im Mittelfeld. Der Abstand der Stützenreihen in Längsrichtung beträgt 7,20 m. Die Dicke der Decke beträgt 16 cm.

Die Betongüte ist bei den Fertigteilen ein B45 (entspricht C35/45), der Ortbeton entspricht einem C30/37. Der eingesetzte Betonstahl ist ein BSt 420. Der Bewehrungsgehalt der Decke über 1. Untergeschoss liegt bei ca. 94 kg/m<sup>3</sup>. Die Betondeckung beträgt c = 1,5 cm bei den Fertigteilen und 1,0-1,5 cm bei den Ortbeton-Bauteilen.

Die Decke wurde nicht vorgespannt. Die auf die Decke angesetzte Verkehrslast beträgt 2,75 kN/m<sup>2</sup> (ohne Schrankwand).

Die zurück gesetzte Dachdecke über dem 6. Obergeschoss hat gegenüber den Regelgeschossdecken ein geändertes statisches System. Die Decke spannt in Gebäudelängsrichtung und liegt auf Unterzügen auf, die als Einfeldträger mit Kragarm wirken. Die Feldlänge der Unterzüge beträgt 7,64 m, die Länge des Kragarms 3,30 m. Die Decke hat eine Dicke von 20 cm. Die Betongüte ist B45 bei den Fertigteilen (C35/45) und B35 (C30/37) beim Ortbeton. Der Bewehrungsgrad des eingesetzten BSt 420 liegt bei ca. 177 kg/m<sup>3</sup>. Die Betondeckung beträgt c = 1,5 cm bei den Fertigteilen und c = 1,0-1,5 cm bei den Ortbeton-Bauteilen. Als Verkehrslast werden 0,8 kN/m<sup>2</sup> für Schneelast angesetzt.

### Sonstiges

In der Hallenmitte befinden sich zwei zentrale Aufzüge, die in einer freistehenden Konstruktion laufen. Weiterhin sind pro Hauptgebäude zwei Aufzüge jeweils im Nord- und im Südbereich angeordnet (Achse 3+10/C+H).

Vertikale Versorgungsschächte sind im Bereich der Aufzüge in Achse 2-3 und 10-11 sowie im mittleren Bereich Achse 6-7 platziert.

In den vier Treppenhäusern sind dreiteilige, vorgefertigte Treppenläufe je Geschoss eingebaut. Diese drei Elemente sind auf zwei Konsolen sowie auf der oberen und unteren Deckenplatte gelagert.

Die Fassade besteht aus tragenden Fertigteil-elementen, die sich in vorgehängte Brüstungselemente mit einer Wärmedämmung von 8 cm und Fassadenstützen untergliedern.



### 3.1.1.5 Gebäudehülle

#### Fassade, Fenster, Türen

Die Fassade des Züblin-Hauses besteht aus zwei wesentlichen Bereichen, der Fassade der Büroflügel, die aus Stahlbetonfertigteilen mit rot eingefärbtem Beton besteht und Glasfassade / Glasdach der Halle zwischen den Büroflügeln.

Die Betonfassade setzt sich aus roten Stützen und mit einem etwas helleren Rot eingefärbten Brüstungselementen zusammen. Die Brüstungselemente umfassen ebenfalls jeweils fünf Fensterpfosten, so das stets sechs Fensteröffnungen zwischen den Fassadenstützen liegen (Achsabstand 7,40 m). Die Brüstungselemente liegen auf Konsolen, die zu den Fertigteilstützen gehören. Die Fugen zwischen den Fertigteilen der Fassade sind durch Kunststoffprofile geschlossen, die in einer innen liegenden Nut sitzen.

Vor den drei Türmen in der Fassade sitzen die Fassadenstützen in engerem Abstand. Zwischen ihnen ist jeweils ein Brüstungselement in Form eines gekrümmten Parallelogramms eingehängt, das den Treppenverlauf begleitet. Die Öffnungen sind mit einzelnen Fenster gefüllt.

Hinter den äußeren Fassadenelementen befindet sich eine Fenster- und Dämmstoffebene. Durchgehende Fensterbänder mit sechs Fenstern laufen hinter den vorgeblendeten Fensterpfosten der Fassade durch. Hinter allen geschlossenen Elemente der Fassade wurde eine Dämmung angebracht. Die Fassadenstützen sind an den innen liegenden Stahlbetonstützen und Brüstungs-L-Trägern (s.u.) befestigt.

- 1 Fassadenstütze (dunkelrot)
- 2 Innenstütze
- 3 Brüstungsvorsatzschale (hellrot)
- 4 L-Träger mit Wärmedämmung
- 5 Wärmedämmung im Stützenbereich
- 6 Trogplatte
- 7 Deckenplatte
- 8 Fugeneinschubprofil
- 9 Ortbeton

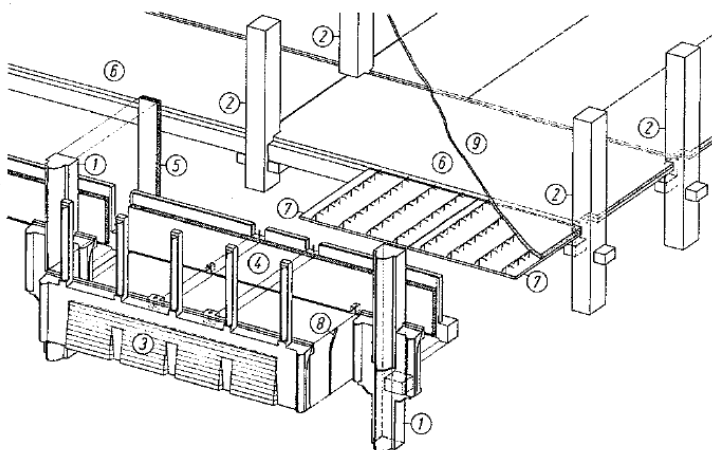


Abb. 3.1.1.5-1: Konstruktionsschema der Fassade<sup>1</sup>

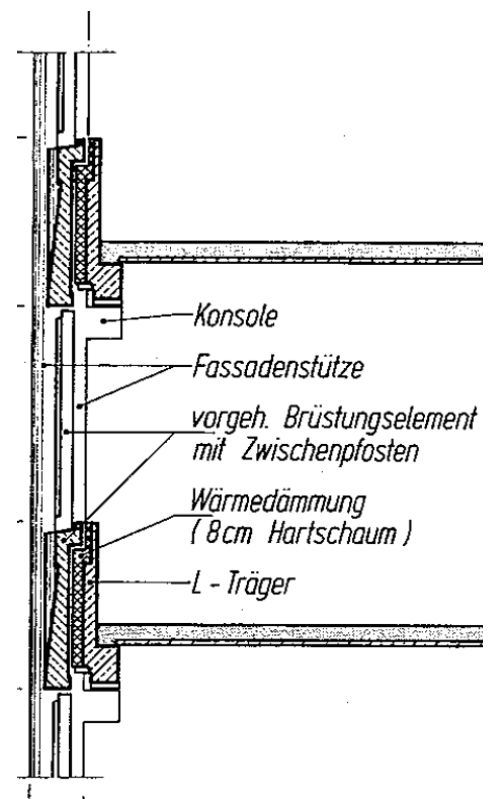


Abb. 3.1.1.5-2: Fassadenschnitt<sup>1</sup>

Bei den Fenstern handelt es sich um Holzrahmenfenstern mit Doppelverglasung. In den Treppentürmen sind Alurahmenfenster mit Einfachverglasung eingebaut. Die Büroflügel besitzen allesamt Sonnenschutz in Form von außen liegenden Raffstoren.

Im Bereich des Haupteingangs an der Westfassade wurde das Fassadenfeld mit einer Pfosten-Riegel-Konstruktion verglast, in die ein Windfang integriert ist. Über dem Haupteingang kragt zudem ein repräsentatives Glasvordach aus.

Die Fassaden der Büroflügel zur Halle sind weitestgehend wie die Außenfassade aufgebaut. Im 1. UG und im EG wurden allerdings keine Brüstungselemente eingesetzt, sondern die Fassadenfelder mit Pfosten-Riegel-Konstruktionen gefüllt. Diese sind zum Teil verglast oder mit Holzpaneelen gefüllt. Diese Art der Fassadengestaltung wurde auch in den Obergeschossen im Bereich des Zugangs von den Hallen-Stegen zu den Geschossen eingesetzt.

Bei der Verglasung der Halle handelt es sich um eine Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Einfachverglasung. Die Giebelfassaden stützen sich an den Stegen der Halle ab. Die Dachverglasung liegt auf Stahlträgern, die über die Gelenkbinder der Halle gespannt sind. Das Dach ist, wie der Sockelbereich der Giebelfassade mit Verbundsicherheitsglas verglast, für die übrigen Bereiche der Giebelwände wurden Floatglasscheiben verwendet.

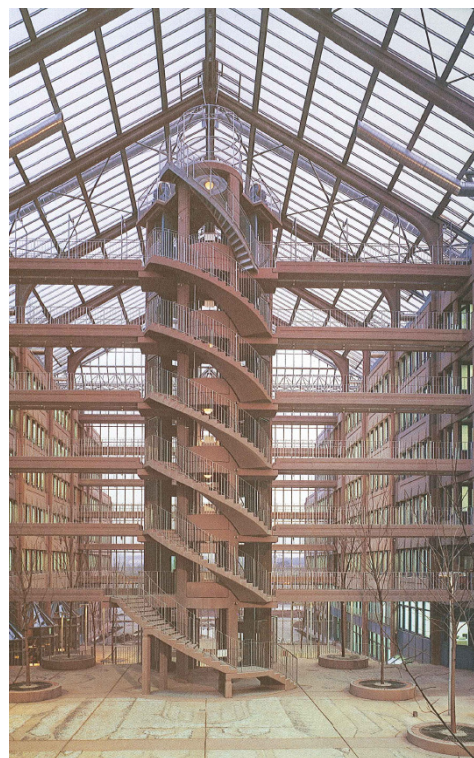
### Dach

Die Dächer der Büroflügel bestehen aus einer mit Bitumenbahnen abgedichteten, gedämmten Holzkonstruktion, in Form eines Satteldaches mit Drempel. In diesen Räumen sind Teile der Haustechnik untergebracht.

Die kegelförmigen Dächer der Türme bestehen im unteren Teil aus einem Betonfertigteil. Die Spitzen bilden verglaste Pfosten-Riegel-Konstruktionen.



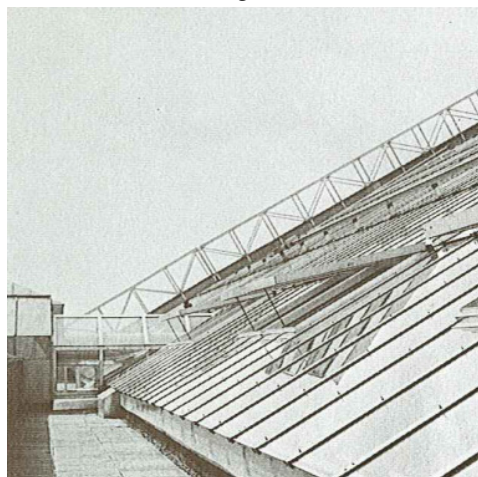
Westfassade mit Haupteingang und Wohnhaus<sup>1</sup>



Glashalle mit Aufzugsturm<sup>1</sup>



Nordfassade<sup>1</sup>



Glasdach<sup>1</sup>

### 3.1.1.6 Ausbau

#### Wände

Die Innenwände wurden, mit Ausnahme der im Rohbau erstellten Wände, in Trockenbauweise erstellt. Bürotrennwände sind in der Regel schallgedämmte Gipskarton-Ständerwände. Die Raumtrennung von Büros zu Fluren wurde mit Schränken erstellt, die sowohl Schränke zu den Fluren, als auch zu den Büros haben. Im Brüstungsbereich der Fassaden wurden Kabelkanäle



für die Büroinfrastruktur sowie Heizkörper installiert. Nassräume im Gebäude wurden wandhoch gefliest und mit WC-Systemwänden ausgebaut.

## Böden

In allen Büroetagen liegt in Büroräumen sowie Fluren Teppichboden auf einem 3 cm dicken Verbundestrich. In Bürotechnik- und Lagerräumen wurde Linoleum verlegt. WC-Bereiche sind gefliest. Im Eingangsbereich und in der Halle wurde in seitlichen Bereichen ein Boden aus roten Stahlbetonfertigteilen eingebracht. In der Mitte von Foyer und Halle liegt ein schwimmender Betonestrich, in den jeweils Gemälde mit Split eingestreut wurden.

Der Fußboden der Cafeteria und der Kantine wurde mit Parkett ausgelegt. Die Küche erhielt einen Großküchenfußboden mit Fliesen. Flurbereiche des Erdgeschosses sind mit einem Bodenbelag aus Betonwerksteinplatten im Mörtelbett belegt.

Die Bodenflächen in den Nutzungsräumen und Fluren der Untergeschosse bestehen aus einem Verbundestrich mit staubbindendem Anstrich. Im Bereich der Kfz-Stellplätze und Fahrgassen der Tiefgaragen wurde ein Asphaltestrich aufgebracht.

## Decken

Die Decken der Büroräume wurden mit Tapete und Anstrich versehen. In den Flurbereichen wurde über den Schrankwänden eine abgehängte Decke aus Holzpaneelen eingebaut, in der sowohl Elektroleitungen als auch Zuluftkanäle für die Belüftung der hallenseitigen Büros geführt werden. Auch die Decken der Kantine, Cafeteria sowie von Konferenzräumen erhielten abgehängten Decken.

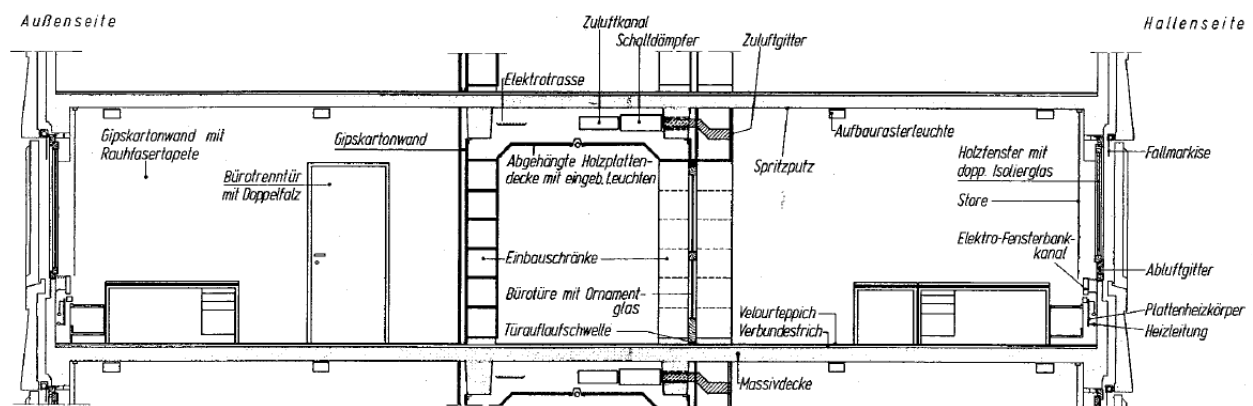
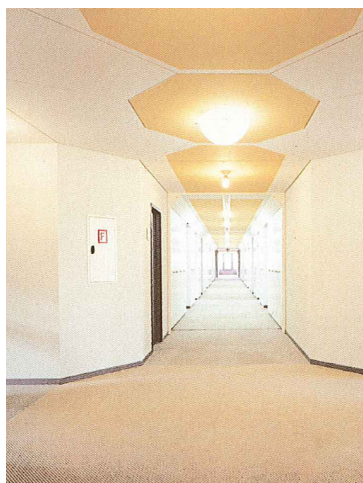


Abb. 3.1.1.6-1: Schnitt durch ein Standard-Bürogeschoss<sup>1</sup>



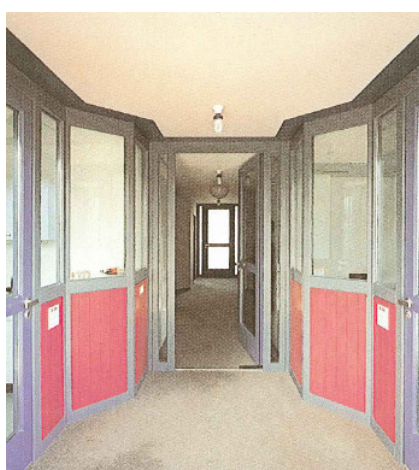
*Pforte Haupteingang,*



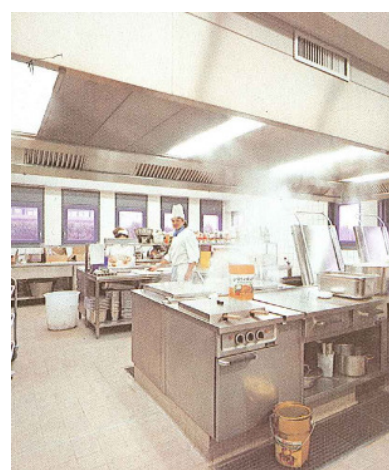
*Flur und Büro im Standard-Bürogeschoss<sup>1</sup>*



*Kleiner Besprechungsraum,*



*Zugangsbereich zu den Stegen,*



*Küche<sup>1</sup>*

### 3.1.1.7 Außenanlagen

Die Außenanlagen werden durch die Feuerwehrumfahrt, die zugleich Parkgasse ist, strukturiert. Westlich der Hauptverwaltung führt sie zur Tiefgarageneinfahrt an der sich auch eine Mitarbeitertankstelle sowie die Wartungsstelle des örtlichen Firmenfahrzeugpools befindet. Im Süden und Osten des Gebäudes liegen Außenparkplätze in 90°-Aufstellung entlang der Parkgasse. An den Baukörper des Züblin-Hauses schließt sich im Norden eine Grünfläche zur Vaihinger Straße an. Im Süden findet die Glashalle ihre Verlängerung in einer Grünanlage mit Teich, die von den Mitarbeitern in Pausen genutzt werden kann. Oberhalb der Tiefgaragenzufahrt im 1.UG liegt im Westen der Haupteingang zwischen den beiden Wohnhäusern. Die begrünten Flächen sind durchweg mit Rasen, Hecken und Bäumen bepflanzt. Die Parkplätze wurden mit Rasengittersteinen gestaltet und sind ebenfalls von Bäumen bestanden.

[1] Bilder, Zeichnungen und Informationen aus der Broschüre:  
Ed. Züblin AG (Hg.): Züblin-Haus. Karl Krämer Verlag, Stuttgart. 1985.



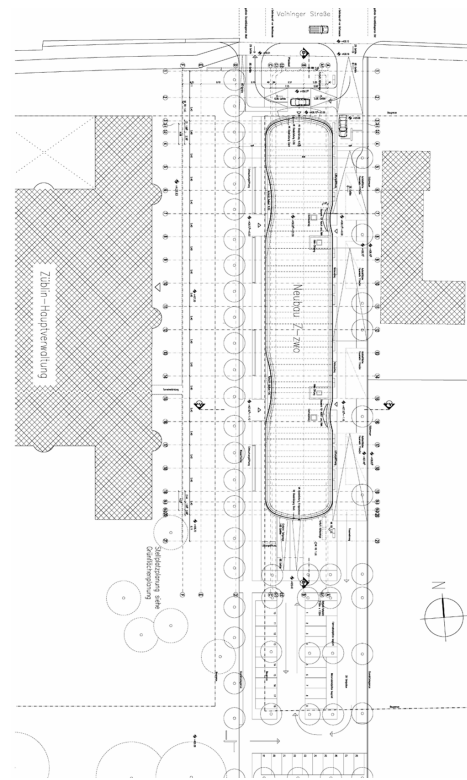
### 3.2.1 Z-zwo

#### 3.2.1.1. Lage

Das Bürogebäude Z-Zwo befindet sich auf dem Grundstück Vaihingerstr. 161 / 163 in Stuttgart-Möhringen. Das Grundstück ist verkehrsgünstig gelegen. Über die Nord-Süd-Straße besteht Anschluss an die Autobahnen A8 (Flughafen Stuttgart) und A81/A831. Die nahe U-Bahnstation SSB-Zentrum bietet einen schnellen Zugang an das ÖPNV-System der Region Stuttgart.



Das Z-Zwo steht in direkter Nachbarschaft zur Hauptverwaltung der Ed. Züblin AG. Das Grundstück ist zwischen Vaihingerstraße und U-Bahntrasse gelegen, ca. 30 m breit und etwa 170 m lang. Die lange Seite ist in Nord-Süd-Richtung orientiert. Das Grundstück fällt zur U-Bahntrasse hin leicht ab.



### 3.2.1.2 Nutzung (-sgeschichte)

Das Z-Zwo wurde 2001/2002 von der Züblin Projektentwicklung zur Erweiterung der Züblin Hauptverwaltung errichtet. Das Gebäude wird seit seiner Fertigstellung komplett von der Ed. Züblin AG genutzt.

Nutzungseinheiten

Die Gebäudekonzeption sieht einen zweigeteilten Baukörper mit sechs oberirdischen Bürogeschossen vor sowie zwei Untergeschosse (UG). In den Obergeschossen (OG) sind je Etage zwei Mieteinheiten vorgesehen. Optional können vier Mieteinheiten je Geschöß ausgeführt werden.

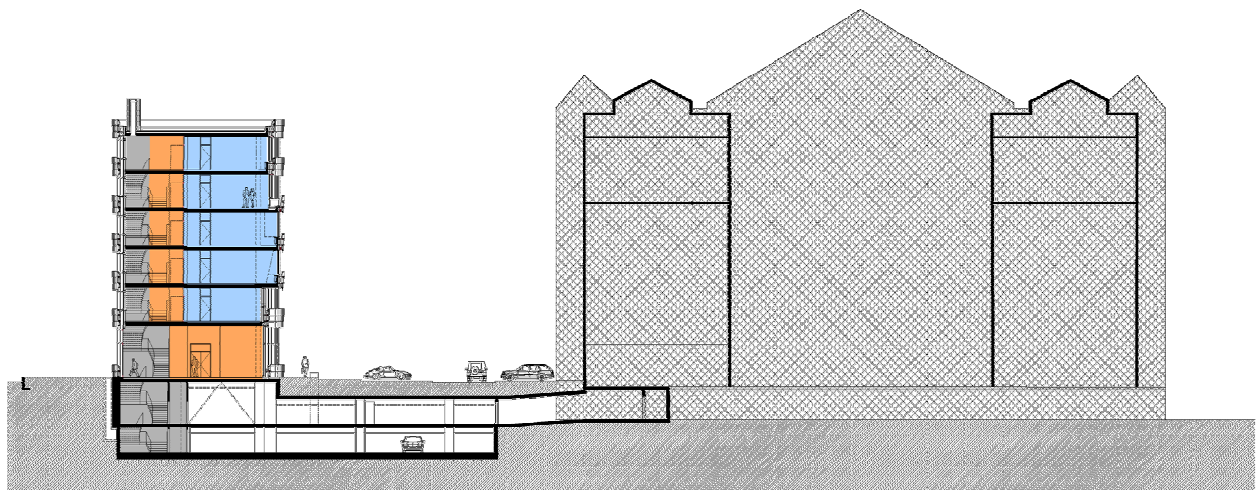
### 3.2.1.3 Architektur (allgemein)

#### Bauvolumen

Die beiden UGs des Z-Zwo nehmen auf ca. 34 m Breite und ca. 110 m Länge überwiegend die Tiefgarage auf. Sie fallen mit dem Geländeverlauf leicht nach Süden ab und reichen bis zu 5 m an das Hauptverwaltungsgebäude der Ed. Züblin AG heran, an das es auch über einen Verbindungstunnel im 1. UG angebunden ist. Die Gebäudesohle liegt im Durchschnitt etwa 7 m unter Geländeneiveau.

Die OGs des Z-Zwo sind 15,25 m tief und 92 m lang. Die nördlichen und südlichen, kurzen Gebäudeseiten sind abgerundet. Auf den Langseiten akzentuieren zweigeschossige Rücksprünge (EG – 1. OG) die Zugänge in der Westfassade. Die Rücksprünge wiederholen sich, leicht versetzt, in den beiden oberen Geschossen, wodurch im 4. OG zwei Terrassen entstehen. Die Ostfassade erhält im Bereich der beiden Treppenkerne durchgängige Rücksprünge, die jedoch etwas geringer ausfallen als an der Westseite.

Das EG verfügt über lichte Raumhöhen von 3,45 m bzw. 4,12 m, die übrigen OGs von 3,02 m. Insgesamt erreicht der Baukörper eine Gebäudehöhe von 21 m bis 22,30 m über Geländeneiveau.





### Baustruktur

Das Gebäude ist ausschließlich als Bürohaus konzipiert, wobei auch im EG Büroflächen vorgesehen sind. In den beiden Untergeschossen sind Lager-, Technik- und Hausanschlussräume sowie die Tiefgarage angeordnet.

Die beiden Hauptzugänge befinden sich an der Westseite des Gebäudes. Diese erschließen das Gebäude zentral über jeweils ein großzügiges Foyer, an welches die Erschließungskerne und Aufzugsanlagen angeschlossen sind. Gegenüber den Haupteingängen sind an der Ostseite zwei Nebeneingänge angeordnet. Optional ist ein Haupteingang an der Nordseite des Gebäudes möglich.

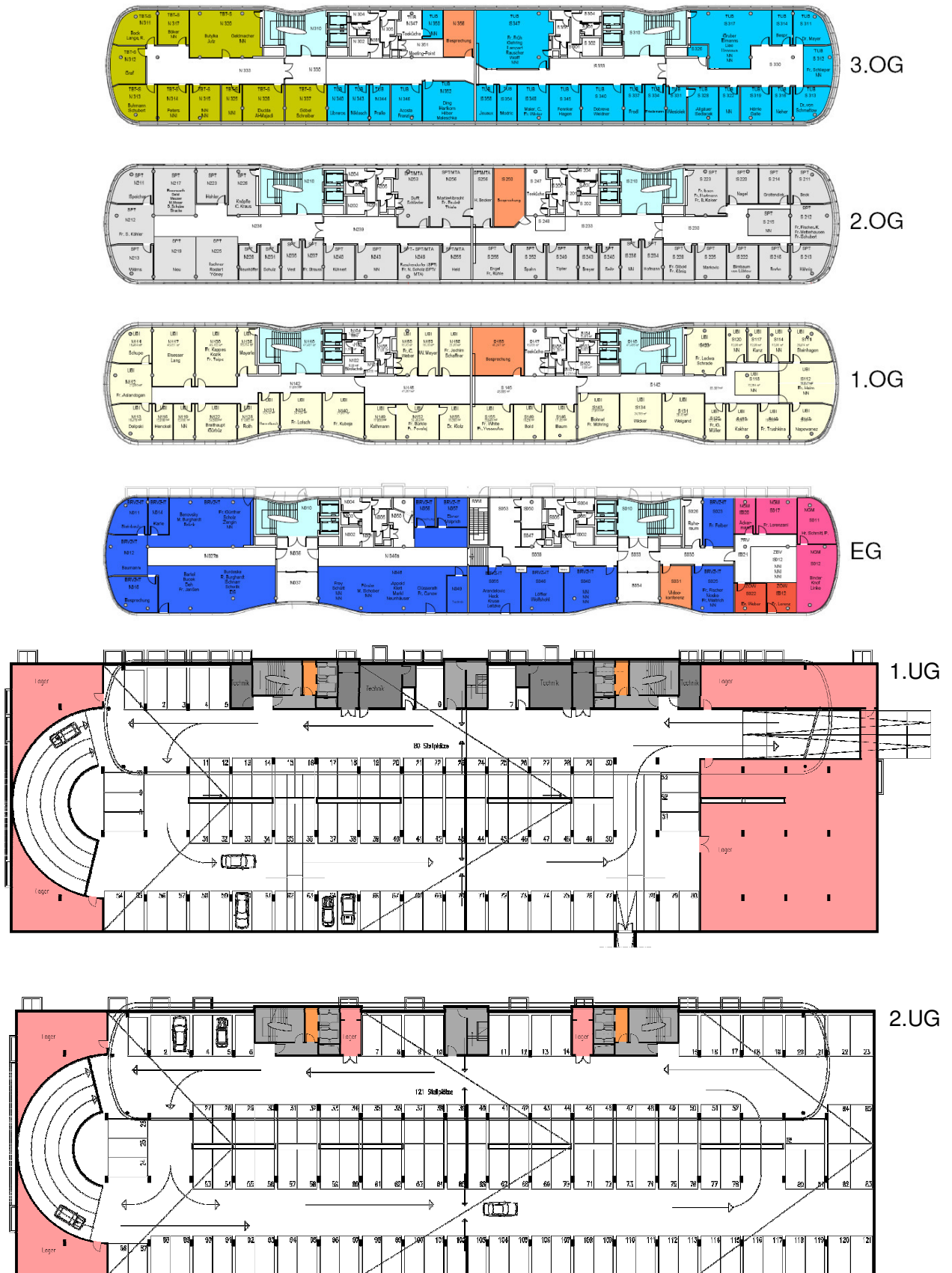
In den beiden Kernen verläuft die vertikalen Erschließung des Gebäudes mit je einer Treppe und zwei Aufzügen. Sämtliche Schächte und Sanitäranlagen befinden sich in den Kernen. Auch die Anschlussleitungen für optionale Teeküchen je Geschoss sind dort eingebunden.

Außer den beiden Kernen und den Foyers im Erdgeschoss sind die OGs im Grundriss (Ausbauraster 1,35 m) frei gestaltbar. Aktuell sind die OGs in Zellenbüros für Einzelplatz- oder Gruppennutzung aufgeteilt. Die Büros liegen – durch Systemwände getrennt – beidseits einer Flurzone. Im Erdgeschosse werden einige Bereiche auch als Großraumbüros genutzt.

In den beiden Ebenen der Tiefgarage stehen ca. 200 Kfz-Stellplätze zur Verfügung. Die Erschließung der Tiefgarage erfolgt über eine gemeinsame Ein- und Ausfahrtsrampe im Süden des Gebäudes. Die Stellplätze sind in 90° - Aufstellung konzipiert.







### 3.2.1.4 Rohbaustruktur

Die Gründung des Z-Zwo erfolgte mit einer durchgehenden Bodenplatte, deren Stärke nach statischen Erfordernis als Platten-gründung ausgeführt wurde. Die Bodenplatte sowie die Außenwände der UGs bestehen aus einer wasserundurchlässigen Stahlbeton-konstruktion ('Weiße Wanne').

EG und OGs wurden als Stahlbeton-skelettbauweise mit Flachdecken und Stahlbetonstützen in entsprechendem Raster ausgeführt. Die beiden Erschließungskerne dienen zur Gebäudeaussteifung.

Tragende Wände aus Stahlbeton wurden nach statischen Erfordernissen dimensioniert und ggf. als Halfertigteilwand ausgeführt. Nichttragende Wände in den UGs und Kernen bestehen aus Industrie-Sicht-mauerwerk.

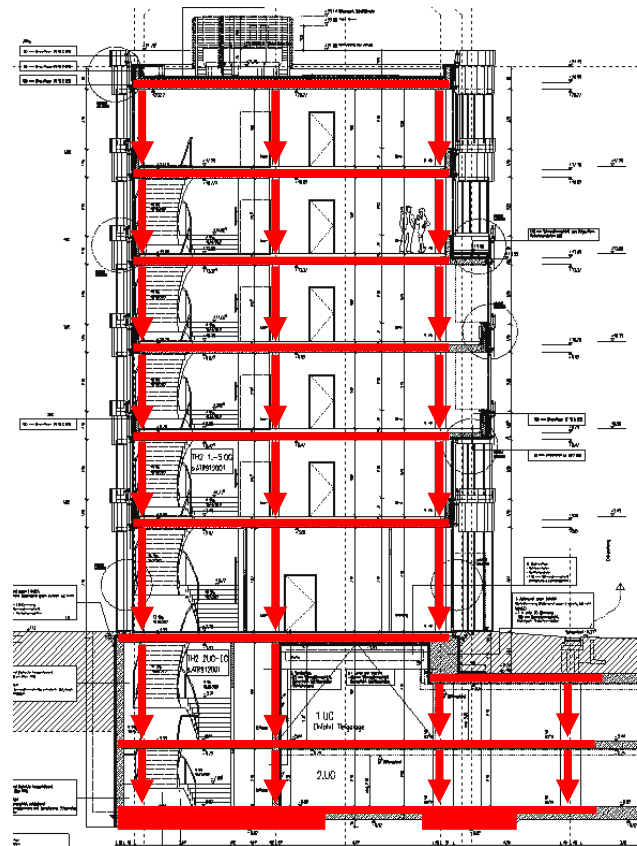


Abb. 3.2.1.4 -1: Tragwerkssystem

Die Abmessungen dieses Büroriegels betragen beim Grundriss der Untergeschosse 111 m x 35 m, die Obergeschosse haben eine Flächenausdehnung von 95 m x 16 m. Die Hauptachsen des Gebäudes haben in Längsrichtung einen Abstand von 5,40 m und in Querrichtung von 13,35 m. In dieser Richtung unterteilt sich das Raster in 5,60 m und 7,75 m.

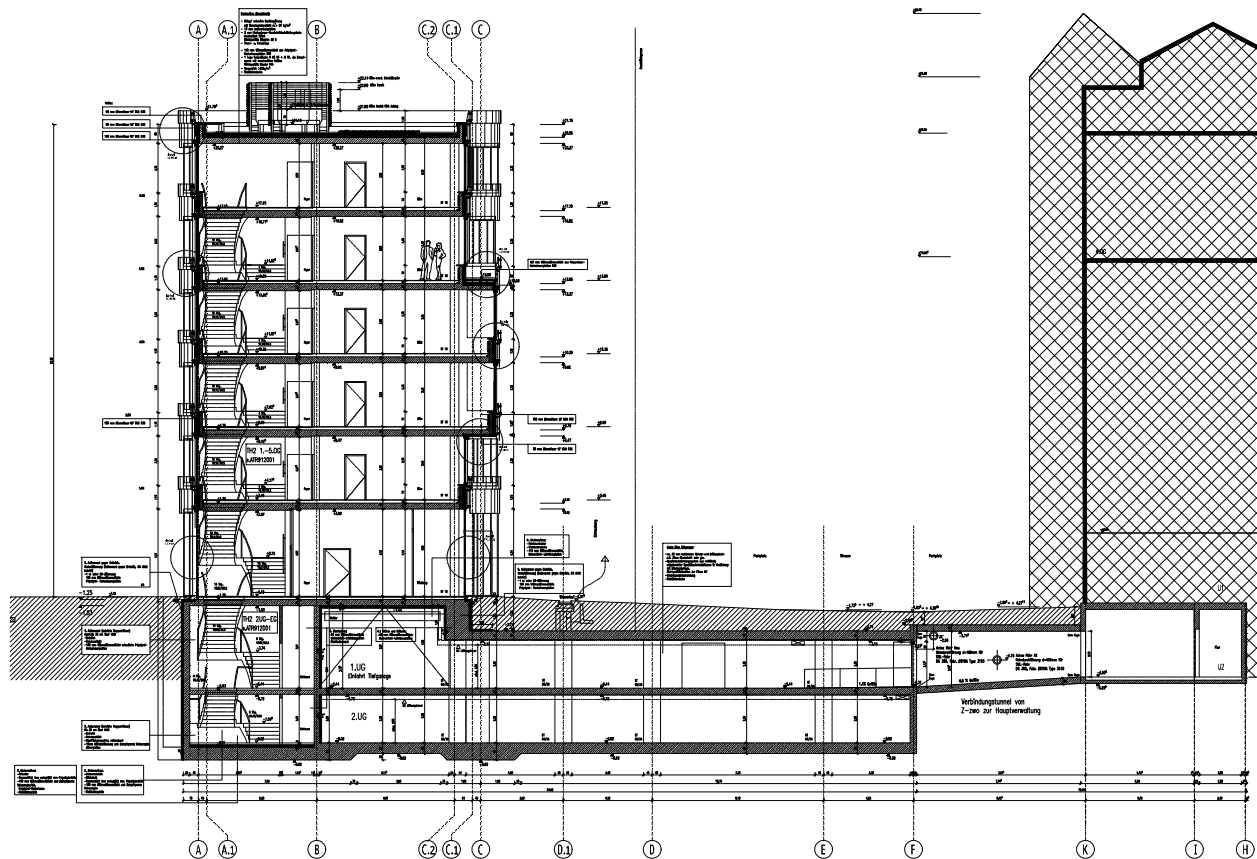


Abb. 3.2.1.4-2: Querschnitt Z-Zwo

Die Aussteifung des Gebäudes erfolgt durch zwei seitlich angeordnete Treppenhäuser sowie eine Wandscheibe in Achse 11.1. Die Treppenhäuserkerne sind in den Kellerkasten eingespannt. Die Deckenscheiben leiten die Horizontallasten zu den Kernwänden. Von dort erfolgt der Abtrag in den Baugrund.

Der vertikale Lastabtrag erfolgt von den Decken direkt in die Stützen und Wände, von wo aus die Lasten in die tragende Bodenplatte weitergeleitet werden. Im Bereich der Treppenhäuser sind die Brüstungen tragend.

Neben dem Eigengewicht der Regeldecke wird eine Ausbaulast von  $2,30 \text{ kN/m}^2$  angesetzt. Für das Dach wird neben dem Eigengewicht eine 10 cm dicke Kiesschicht, 7 cm Betonstein oder eine Begrünung sowie Wärmedämmung und Abdichtung mit insgesamt  $2,80 \text{ kN/m}^2$  angesetzt.

### Gründung

Das Z-Zwo ist flach über eine Bodenplatte gegründet. Die Gründung der Treppenhäuser und der Aufzugsunterfahrten liegen tiefer, wobei der Übergang mit Vouten gestaltet ist. Weiterhin sind in der Bodenplatte zwei Kranfundamente integriert. Mit Ausnahme im Bereich der



Treppenhäuser ist die Bodenplatte flügelgeglättet. Der gesamte Kellerkasten ist als Weiße Wanne ausgeführt.

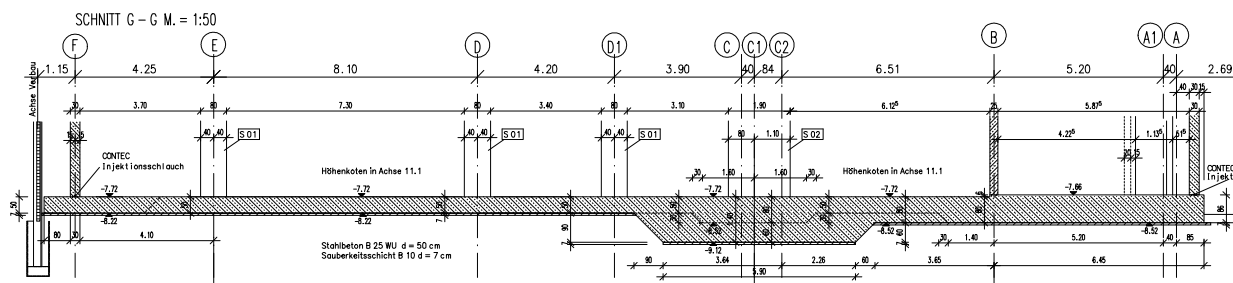


Abb. 3.2.1.4-3: Querschnitt Bodenplatte mit Bereich Treppenhaus

Die Bodenplatte hat nahezu überall eine Dicke von  $d = 50$  cm. Lediglich im Bereich der Treppenhäuser und als Streifen unter den Mittelstützen hat die Platte eine Dicke von  $d = 80$  cm. Der Dickenunterschied wird mit Vouten ausgeglichen. Der für die Bodenplatte verwendete WU-Beton hat die Betongüte B35 (entspricht C30/37). Der eingebaute Bewehrungsstahl BSt 500 hat im Mittel einen Gehalt von  $132 \text{ kg/m}^3$ .

Eine Spezialgründung gibt es beim Z-Zwo nicht.

### Aufgehende Bauteile

Die Geschosshöhe beträgt im 2. Untergeschoss  $2,58$  m und im 1. Untergeschoss  $4,19$  m. Im nicht überbauten Bereich liegt die Höhe im 1. UG allerdings bei nur  $2,70$  m. Das Erdgeschoss hat eine Geschosshöhe von  $4,55$  m. Die Regelgeschosse vom 1. bis zum 5. OG weisen eine Höhe von  $3,45$  m auf.

In den aufgehenden Geschossen werden die Vertikallasten über runde Stützen abgetragen. Die Innenstützen haben einen Durchmesser von  $d = 40$  cm. Die in den Untergeschossen angeordneten Rechteckstützen haben Abmessungen von  $35 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$  und  $35 \text{ cm} \times 190 \text{ cm}$ . Die Betongüte dieser Stützen ist B45 (entspricht C35/45), der eingesetzte Stahl ist ein BSt 500. Ausnahme sind die Stützen in Achse B vom Erdgeschoss bis zum 2. Obergeschoss und teilweise auch im 1. Untergeschoss. Diese Stützen sind mit hochfestem Ortbeton B95 (entspricht C80/95) ausgeführt.

Die Rand- und Eckstützen sind ebenfalls Rundstützen mit einem Durchmesser von  $d = 40$  cm und einer Betongüte von B45 (entspricht C35/45). Der verwendete Betonstahl ist ebenfalls ein BSt 500.

Die tragenden Innenwände haben eine Dicke von  $d = 25$  cm. Die Betongüte dieser Wände ist B35 (entspricht C30/37). Der verwendete Betonstahl ist BSt 500. Die tragende Außenwand im Untergeschoss hat eine Dicke von  $d = 30$  cm. Da der Kellerkasten als weiße Wanne ausgeführt

ist, ist der hier verwendete Beton B35 (entspricht C30/37) ein WU-Beton. Betonstahl ist ebenfalls BSt 500. Der mittlere Bewehrungsgehalt in den Wänden liegt bei 140 kg/m<sup>3</sup>.

### Decken und Dach

Das Deckensystem besteht aus einer nicht vorgespannten, punktgestützten Flachdecke. Die zweiachsig gespannte Decke hat eine Dicke von  $d = 28$  cm. Im erdüberschütteten Bereich ist die Deckendicke  $d = 40$  cm. Die Betongüte der Decke ist B35 (entspricht C30/37). Über den hochfesten Stützen ist die Decke ebenfalls mit hochfestem Beton B95 (entspricht C80/95) im Durchstanzbereich von 1,50 m x 1,50 m ausgeführt. Bewehrt ist die Decke mit Betonstahl BSt 500. Der Bewehrungsgrad liegt im Mittel bei 130 kg/m<sup>3</sup>.

Die einwirkenden Verkehrslastannahmen sind mit 5,00 kN/m<sup>2</sup> auf die Regeldecke angesetzt. Im Bereich der Überschüttung kann die Last eines SLW 30 abgetragen werden.

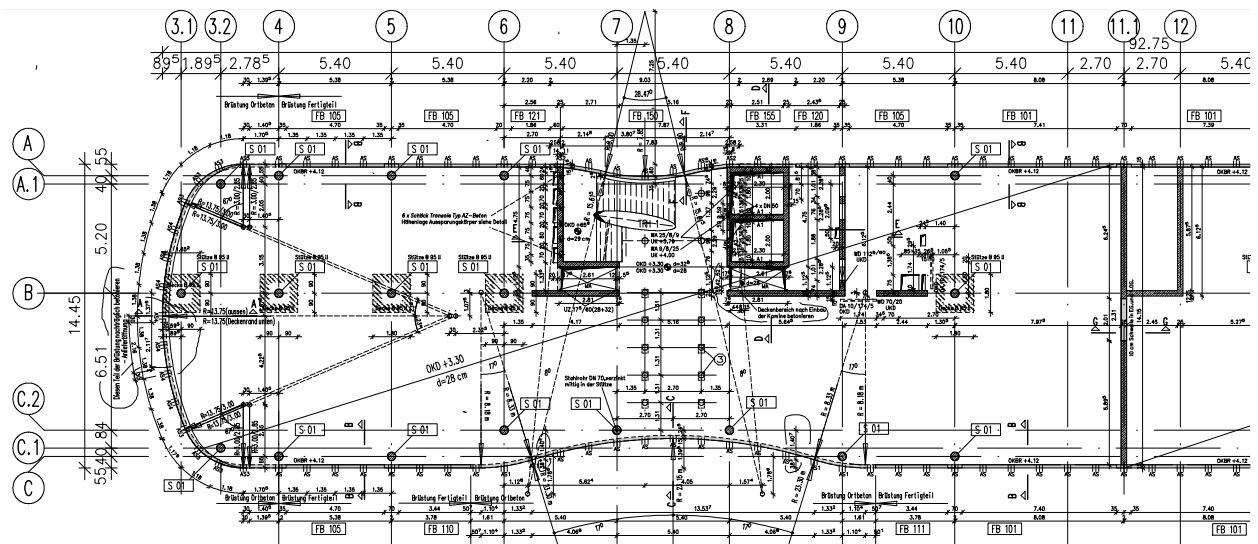


Abb. 3.2.1.4-4: Ausschnitt Schalplan OG

Das 28 cm dicke Dach des Gebäudes ist als Flachdach ausgeführt. Die Betongüte ist wie bei den Decken ein B35 (entspricht C30/37). Die eingesetzte Bewehrungsmenge des verwendeten BSt 500 liegt im Mittel bei 132 kg/m<sup>3</sup>. Die Verkehrslastannahmen auf das Dach sind mit 2,00 kN/m<sup>2</sup> angesetzt. Im Bereich von technischen Anlagen erhöht sich diese Last auf 5,00 kN/m<sup>2</sup>.

### Sonstiges

In den Treppenhäusern sind Fertigteiltreppenläufe und Ortbeton-Podeste monolithisch miteinander verbunden. Die Treppenwangen sind – wie in Abb. 2B.3.1-4 gezeigt – gekrümmt.

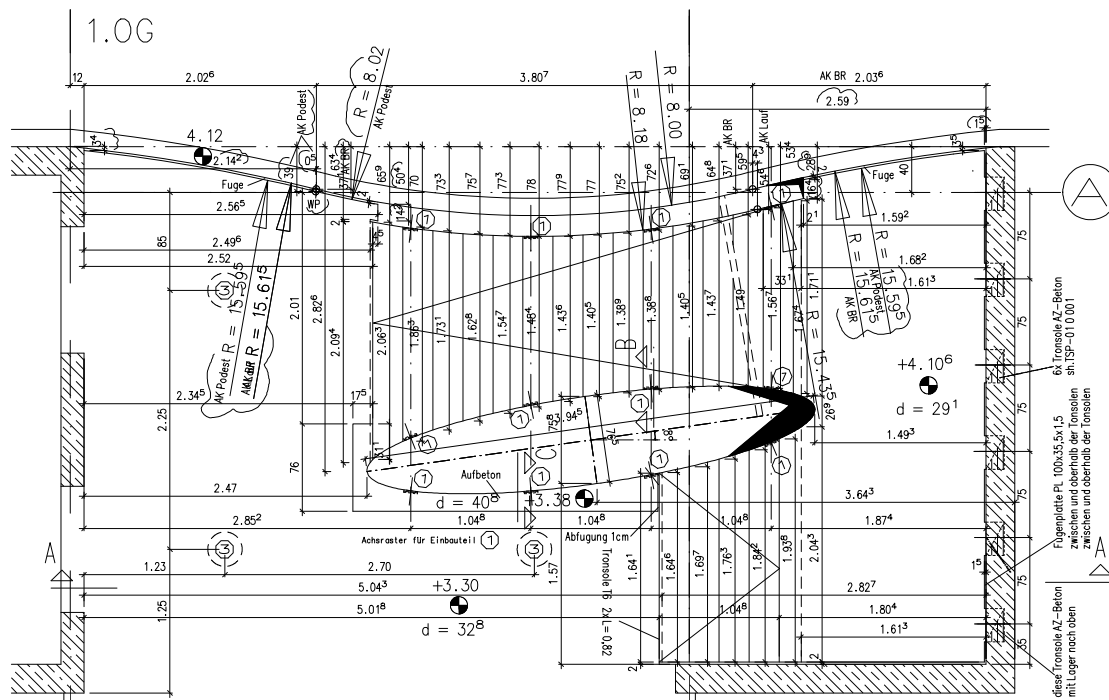


Abb. 3.2.1.4-5: Grundriss Treppenhaus

Je Treppenhaus ist ein Schacht mit zwei Aufzügen angeordnet (Achse A-B/8-9 und 14-15). Weiterhin gibt es zwei vertikale Versorgungsschächte je Treppenhaus (Achse B).

Eine ingenieurmäßige Fassade gibt es keine. Das betonierte Brüstungselement hat keine tragenden Eigenschaften.

### 3.1.2.5 Gebäudehülle

#### Fassade, Fenster, Türen

Die Fassade des Z-Zwo ist im EG raumhoch verglast. In den OGs handelt es sich um eine Fensterbandfassade (Achsraster 1,35 m) mit Betonbrüstungen. Die Brüstungen sind mit 10 cm dicken Mineralfaserplatten gedämmt und mit einer segmentierten, hinterlüfteten, pulverbeschichteten Aluminiumblechfassade verkleidet. Die Fensterrahmen sind in dunkelgrau gehalten. Die Aluminiumfassade hat einen Alu-Farbton. Die Terrassen, die sich aus den Fassadenrücksprüngen ergeben, besitzen ein voll verglastes Geländer (ESG).

Bei den hier verwendeten Fenstern handelt es sich um moderne Aluminiumfenster eines bekannten Fensterherstellers.

Die Zugänge im Erdgeschoss sind als Windfänge mit Glasschiebetüren ausgeführt.

Als außenliegender Sonnenschutz dienen zentral gesteuerte Lamellenjalousien, die im geschlossenen Zustand hinter der Metallfassade versteckt liegen.

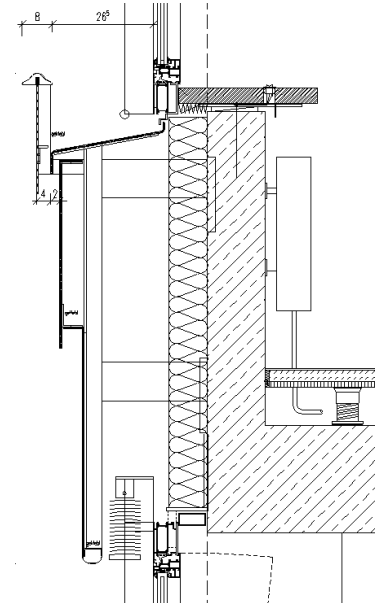
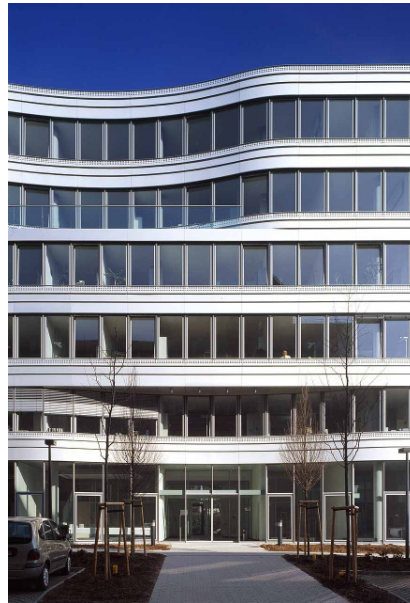


Abb. 3.2.1.5-1/2/3: Ansicht Süd, Ansicht West mit Eingang und Detail Brüstung

### Dach

Das Flachdach über dem 5. OG ist eine Stahlbeton-Massivdecke in Warmdachkonstruktion mit Wärmedämmung und Foliendachabdichtung. Die Entwässerung erfolgt in der Dachfläche und an den Terrassen mit innenliegenden, gedämmten SML-Rohren.

### Regelaufbau:

- Stahlbetondecke
- Voranstrich > 300 g/m<sup>2</sup>
- Dampfsperre, 1-lagige Schweißbahn V 60 S4
- 16 cm Wärmedämmung aus Polystyrol-Hartschaumplatten, WLG 040
- Trennlage 120 g/m<sup>2</sup>
- 2 mm Kunststoffdachabdichtungsbahn,
- 10 mm Isolierschutzplatte
- extensive Begrünung, 12 cm Substratschicht mit Wurzelschutzschicht m > 90 kg/m<sup>2</sup>;
- Dachrand und Haustechnikbereich mit 6 cm Kies, 80 cm breit
- Regelaufbau im Terrassenbereich wie vor, jedoch mit Oberbelag aus aufgeständerten Metallgittern.

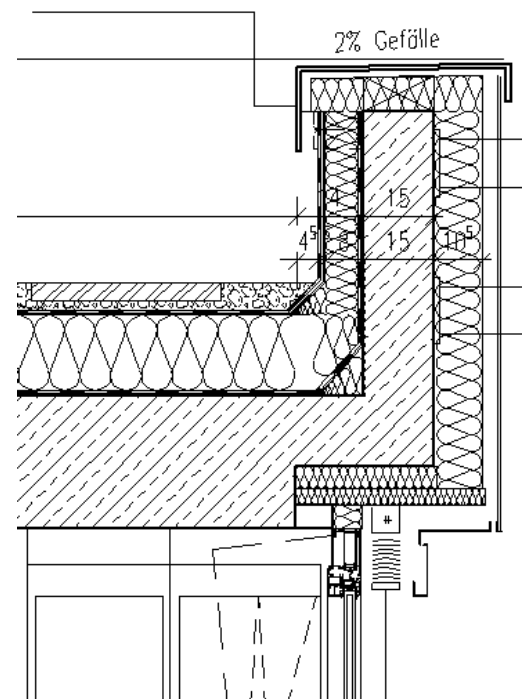


Abb. 3.2.1.5-4: Detail Attika

### Erdberührte Bauteile

Die erdberührten Bauteile sind als Weiße Wanne ausgebildet. Die erdberührten Außenwände der beheizten Treppenhäuser wurden mit 10 cm Perimeterdämmung gedämmt. Auf der Bodenplatte wurde eine Innendämmung unter dem Fußbodenaufbau verlegt.

Die beheizten OGs des Gebäudes werden durch eine 6 – 11 cm dicke Dämmung, die mit einer Mehrschicht-Leichtbauplatte bedeckt ist, gegen die unbeheizten Bereichen der Tiefgarage abgeschirmt.

### **3.2.1.6 Ausbau**

#### Wände

Die Innenwände wurden, mit Ausnahme der im Rohbau erstellten Wände, in Trockenbauweise oder mit Systemwänden erstellt. In der Regel sind Bürotrennwände schallgedämmte Gipskarton-Ständerwände. Die Raumtrennung von Büros zu Fluren wurde mit Strähle-Systemwänden, die ausnahmslos verglast sind, hergestellt.

#### Böden

Alle Büroebenen haben einen Hohlraumboden (h= 14 cm) mit Anhydrit-Estrichauflage sowie einen Teppichbodenbelag. Die haustechnische Infrastrukturverteilung erfolgt über Bodentanks für Elektro-, EDV- und Telefonverkabelung sowie Revisionsöffnungen im Flurbereich.

In Sanitärbereichen sowie vor den Küchenzeilen der Teeküchen sind die Böden gefliest.

In den Treppenhäusern und vor den Aufzügen liegen Betonwerksteine, im Mörtelbett verlegt.

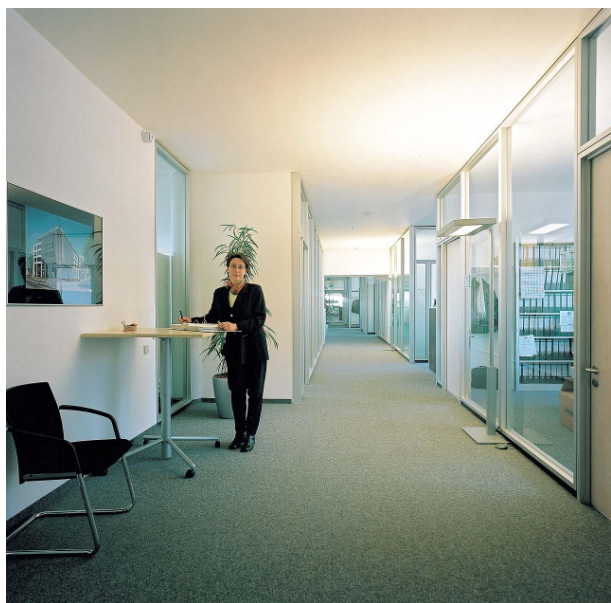
Die Bodenflächen in den Nutzungsräumen der Untergeschosse bestehen aus einem flügelgeglätteten Beton und sind mit einem staubbindenden oder ölfesten Anstrich versehen – je nach Anforderung.

Im Bereich der Kfz-Stellplätze und Fahrgassen sind die Betonoberflächen flügelgeglättet und mit einer Epoxydharzbeschichtung versehen.

#### Decken

Die massiven Betondecken wurden in den Bürobereichen gespachtelt und mit einem weißen Anstrich versehen. In untergeordneten Bereichen wurden die Betondecken lediglich gestrichen.





*Abb. 3.2.1.6-1: Sanitärbereiche*

Die Sanitärbereiche in den Kernen wurden mit Gipskarton-Ständerwänden ausgebaut. Die spritzwasserbelasteten Böden und Wandflächen erhielten anthrazitfarbene Fliesen. In den WC-Bereichen wurden die Lüftungsinstallationen mit einer abgehängten Alu-Paneel-Decke verkleidet. Sanitärgegenstände stammen aus Standardprogrammen gängiger Hersteller. Die Spiegel wurden als Einbaumöbel konzipiert, die Stauraum bieten sowie Handtuch- und Seifenspender verstecken.

### **3.2.1.7 Außenanlagen**

Die Außenbereiche werden zum Großteil durch Parkplätze in 90°-Aufstellung genutzt. Dabei wurden die Fahrgassen asphaltiert und die Parkplätze mit Rasengittersteinen hergestellt.

Zwischen Züblin-Haus und Z-Zwo befindet sich neben Parkplätzen der Zugangsweg zum Z-Zwo. Er ist wie alle Fußgängerwege in den Außenanlagen mit Betonplatten gepflastert.

An der östlichen Grundstücksseite führt eine Feuerwehzufahrt auf die Vaihinger Straße.

Alle übrigen Freiflächen wurden mit Rasenflächen und Pflanzbeeten begrünt. Im Bereich der Parkplätze stehen zudem Bäume.

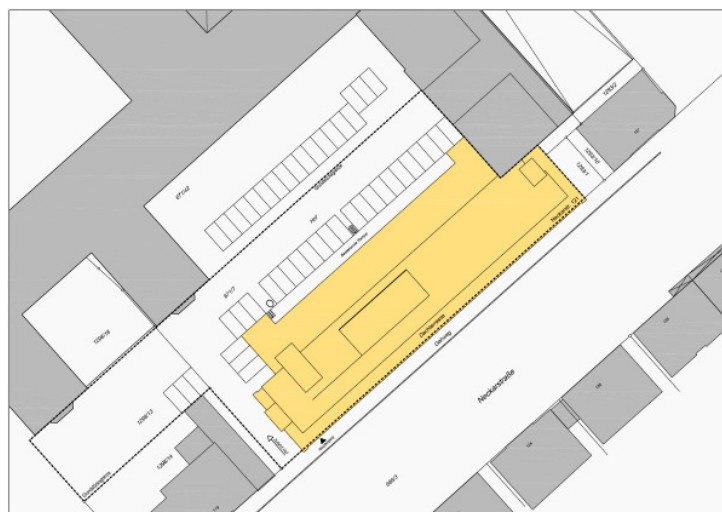
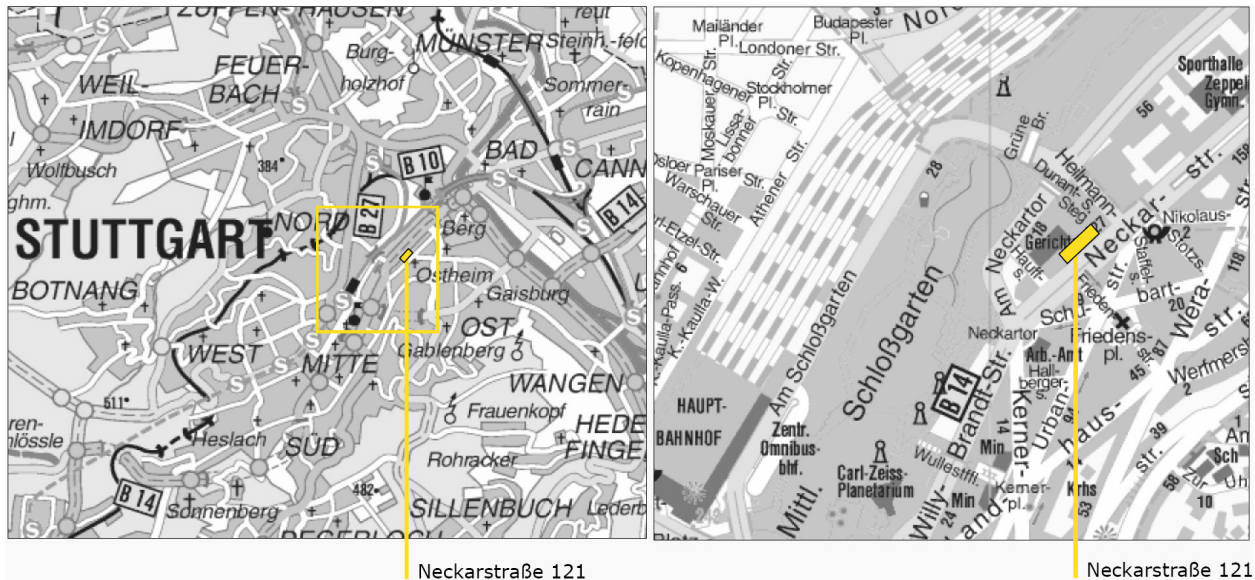
### 3.3.1 DVA – Neckarstraße 121

#### 3.3.1.1 Lage

Das ehemalige Gebäude der Deutschen Verlags Anstalt (DVA) in Stuttgart, Neckarstraße 121 befindet sich im Stadtteil Stöckach des Bezirks Ost. Es ist Teil eines Gebäudekomplexes, der vorwiegend aus Bürogebäuden besteht, die zum großen Teil auch heute noch der DVA gehören und von ihr genutzt werden. Das Grundstück liegt verkehrsgünstig in einem Baublock an der B14/B27 – eine der Hauptverkehrsachsen durch Stuttgart – sowie in der Nähe der U-Bahnstation Neckartor.

#### Grundstück

Das Grundstück erstreckt sich mit ca. 35 m Tiefe über etwa 70 m entlang der Neckarstraße. Die Langseiten des Grundstücks sind nach Nordwesten bzw. Südosten orientiert.



Hinter dem Gebäude Neckarstraße 121 befindet sich im Blockinnenbereich ein Hof, der die Bürogebäude voneinander trennt. Die Tiefgarage der DVA liegt unter dem Hof hinter dem Gebäude Neckarstraße 119.

Abb. 3.3.1.1-1: Lageplan

### **3.3.1.2 Nutzung (-sgeschichte)**

Die DVA baute in den 1950er-Jahren das Büro- und Archivgebäude Neckarstraße 121 zur Erweiterung ihres Bürogebäudekomplexes auf dem Gelände Neckarstr./Heilmannstr./Am Neckartor/Hauffstraße. Nachdem das Gebäude seit Anfang der 2000er-Jahre leer stand, verkaufte es die DVA an die Züblin Projektentwicklung, die den Bau 2006/2007 durch eine Kernsanierung revitalisierte.

#### Nutzer

Das Amtsgericht Stuttgart hat seit 2007 das 2. UG – 2. OG gemietet. Im 2. UG – EG befindet sich das Archiv des Handelsregisters. Die Obergeschosse 3 und 4 wurden seit der Revitalisierung bisher nicht vermietet und stehen unausgebaut leer.

#### Nutzungseinheiten

Die Geschosse 2. UG – EG stellen mit ihren großen Archivflächen quasi eine Nutzungseinheit dar. Die Bürogeschosse (1. OG – 4. OG) lassen sich pro Geschoss in zwei Nutzungseinheiten unterteilen, die durch eine Brandwand in der Gebäudemitte getrennt werden.

### **3.3.1.3 Architektur (allgemein)**

#### Bauvolumen

Das Gebäude besitzt zwei Untergeschosse (UG) und ein Erdgeschoss (EG) (1 m über Gehsteigniveau), die sich mit ca. 22 m Tiefe über nahezu die gesamte Gebäudelänge erstrecken. Im 2. UG befindet sich außerdem ein ehemaliger Verbindungsraum zu den nördlichen gelegenen Bürogebäuden der DVA. Das 1. – 3. OG verjüngt sich auf knapp 13 m Gebäudetiefe, wobei der Rücksprung auf der Hofseite liegt und so eine flächige Fassade zur Neckarstraße orientiert ist. Das 4. Obergeschoss (OG) springt als Staffelgeschoss ca. 2,5 m aus der Straßenfassadenflucht und etwa 2 m an den Seiten zurück, so dass über dem 3. OG eine Dachterrasse entsteht. Das Dach über dem 4. OG liegt gute 17 m über dem Straßenniveau. Darüber hinaus ragen lediglich die Dachausstiege der Treppenhäuser und die Lüftungszentrale (ca. 21 m über Gehsteigniveau).

Der vordere Gebäudeteil an der Neckarstraße ist ca. 67,5 m lang, der hofseitige (2. UG – EG) ca. 54,5 m.

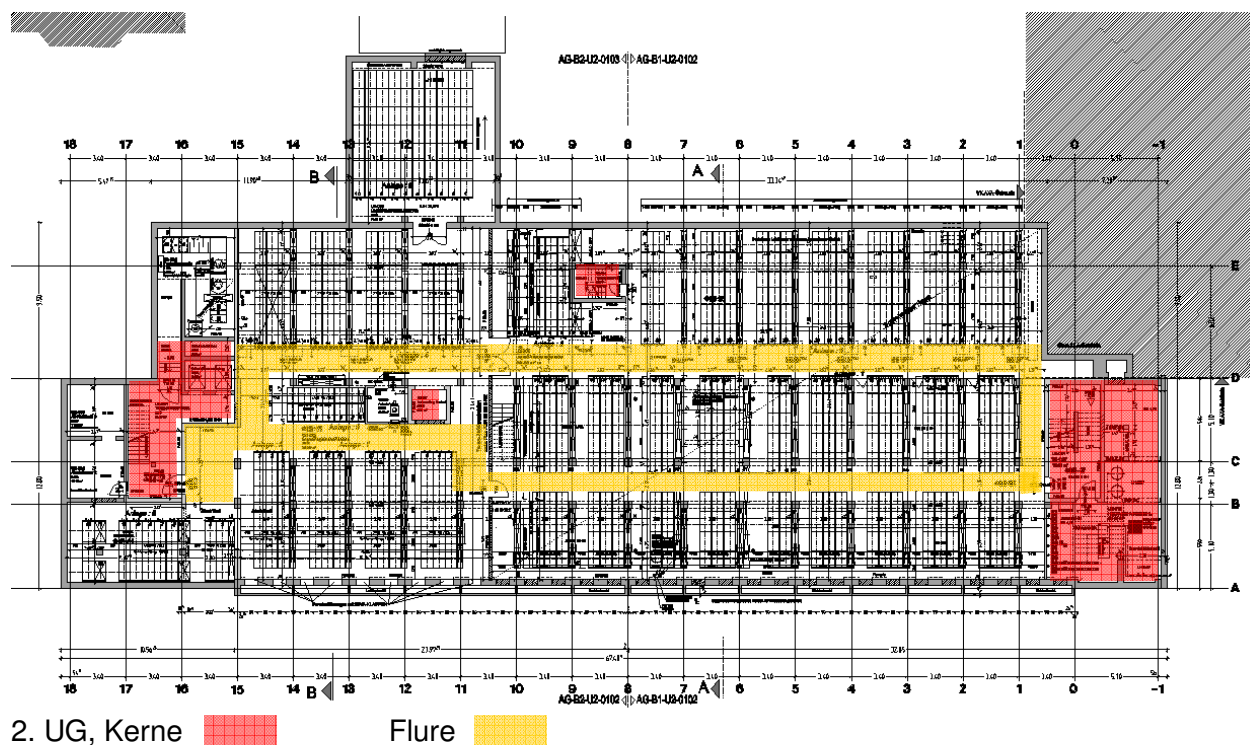
#### Baustruktur

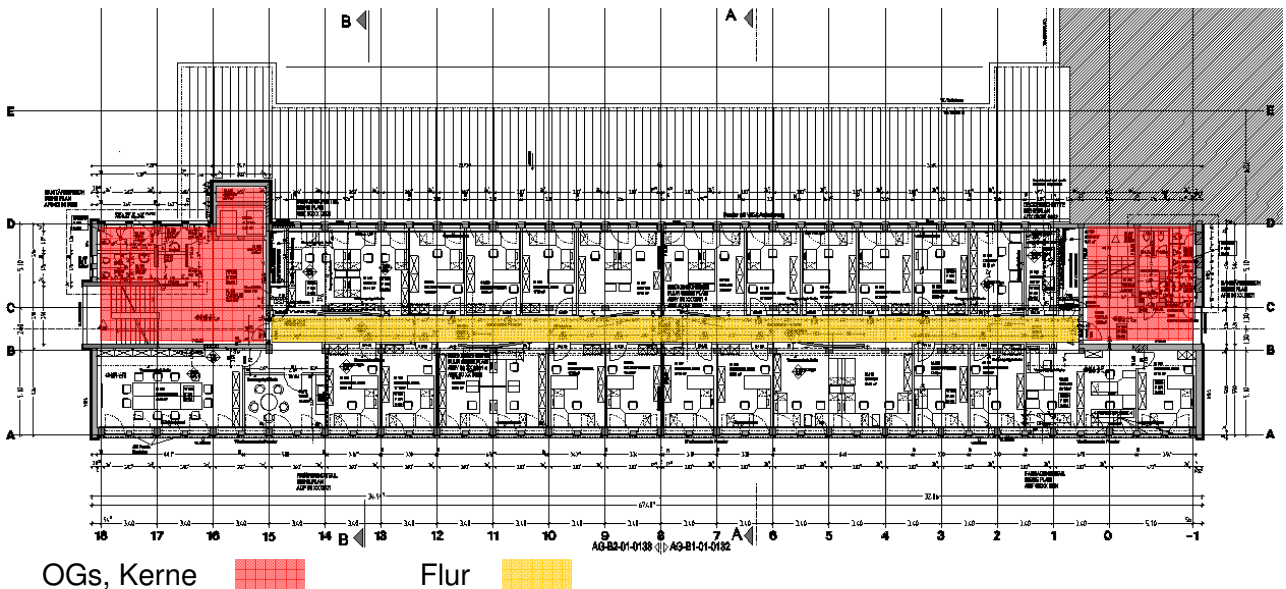
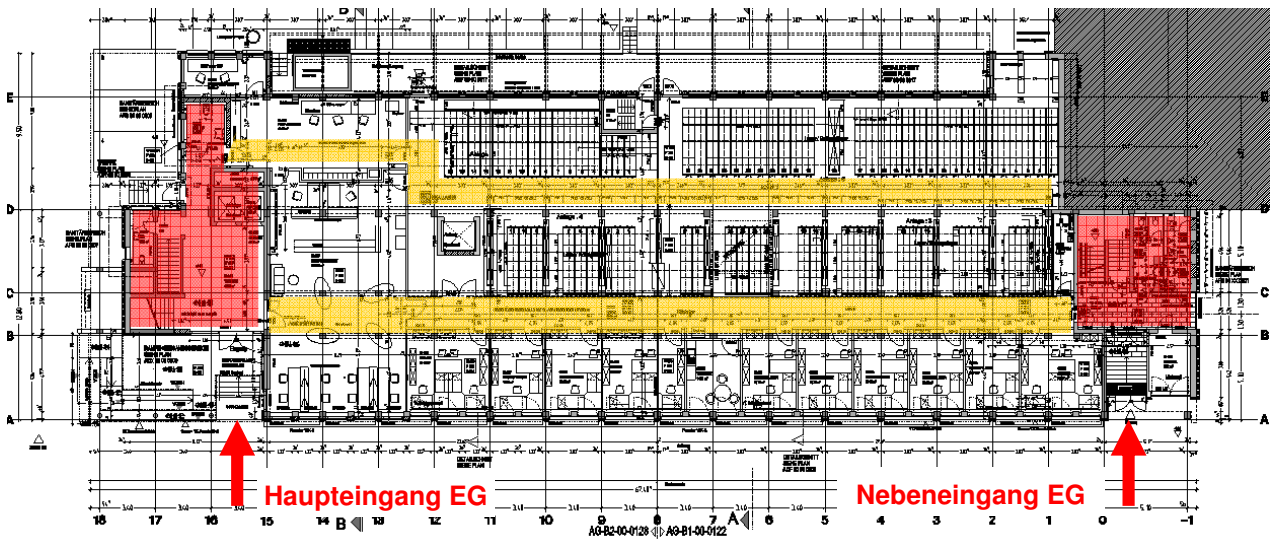
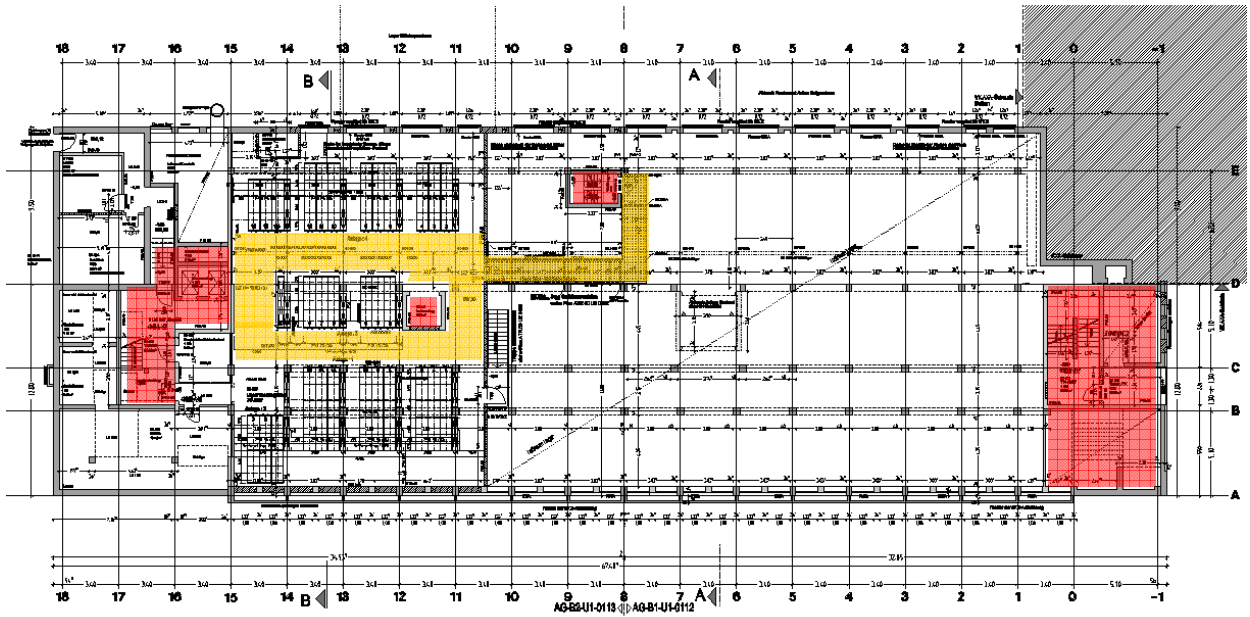
Das Gebäude gliedert sich in die Geschosse (2. UG – EG) mit 22 m Gebäudetiefe und die 13 m tiefen Bürogeschosse (1. OG – 4. OG). Das 1. UG ist im Gegensatz zu allen anderen Geschossen kein Vollgeschoss, sondern verfügt nur über 2/5 der Fläche des 2. UGs, da sich über einem Großteil der dortigen Fläche ein Luftraum befindet.



Am straßenseitigen südwestlichen, bzw. nordöstlichen Ende des Baus liegen Kerne, in denen sich die vertikale Erschließung des Gebäudes (Treppen) sowie Sanitarräume und Schächte befinden. Der südliche Kern verfügt zudem über zwei Aufzüge. Ein Lastenaufzug und ein weiteres Treppenhaus verbinden zusätzlich das EG mit den beiden UGs.

Flure erschließen die einzelnen Geschosse. Im 2. UG - EG gibt es jeweils zwei, im 1. OG – 4. OG je eine Flurflucht. In den Untergeschossen sind am südwestlichen Gebäudeende um den Kern herum Lager- und Technikflächen angeordnet. Auf der übrigen Flächen stehen Archiv-Rollregale. Im EG befindet sich vor dem Südwestlichen Kern der Haupteingang. Der Zugang wird durch eine Treppe und Behindertenrampe sichergestellt. An den Eingangsbereich schließt sich eine öffentliche Informations- und Recherchezone an, mit einem rückwärtigen Bereich zur Aktenverarbeitung. In der weiteren Raumflucht zur Straße liegen Zellenbüros (Ausbauraster 1,70 m), dahinter ebenfalls Archivflächen. Die Obergeschosse sind alle durch einen mittig liegenden Flur (1,60 m breit) strukturiert, von dem zur Straße und zum Hof jeweils Bürozonen (ca. 5 m tief) abgehen. Das 1. und 2. OG sind mit einer Mischung aus offenen und geschlossenen Zellenbüros ausgebaut. In den Obergeschossen 3 und 4 fand bisher kein Mieterausbau statt.

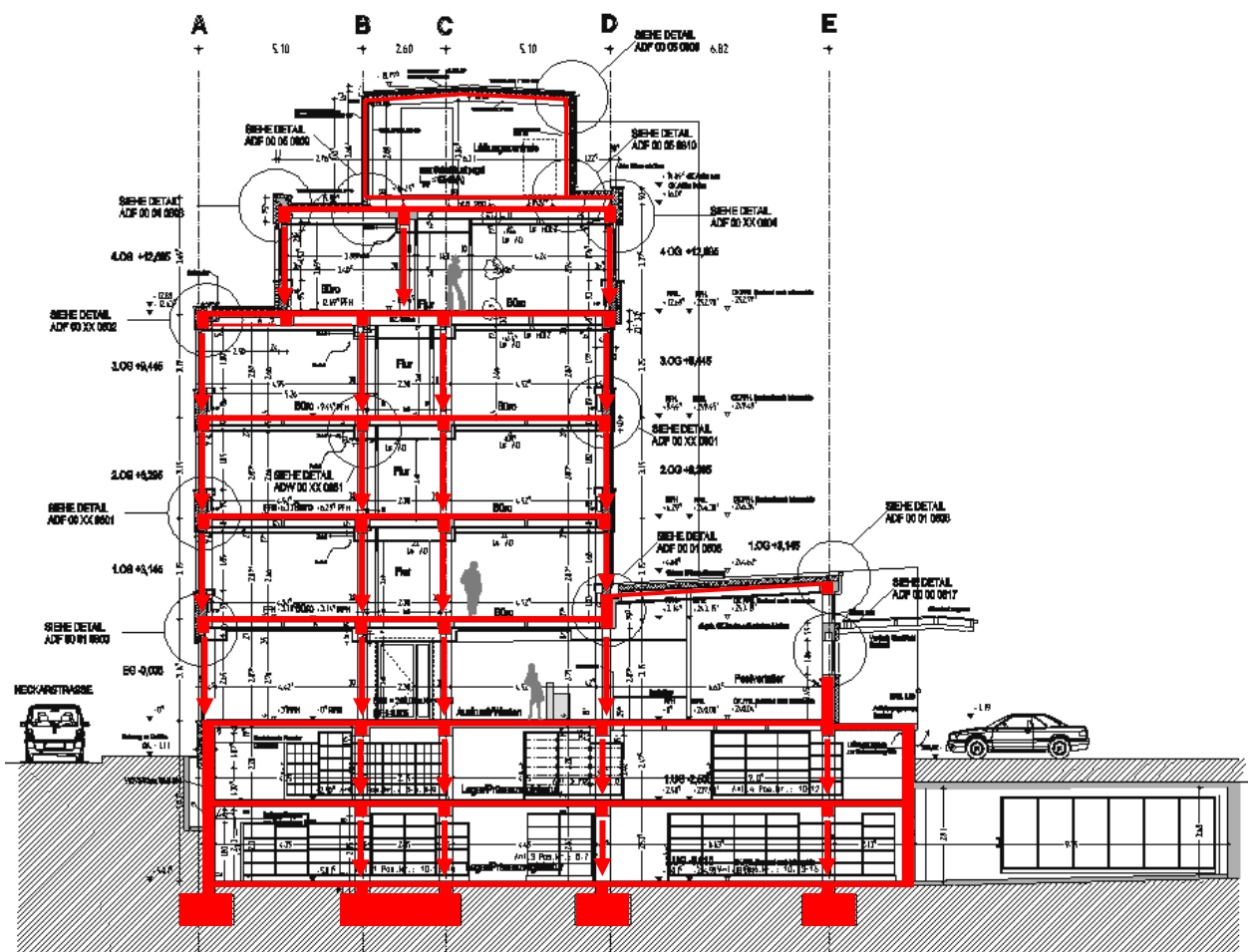




### 3.3.1.4 Rohbaustruktur

Das DVA-Gebäude wurde in Stahlbetonskelettbauweise mit massiven, aussteifenden Kernen errichtet. Die Deckenplatten bestehen aus einer Rippendecke, die über die kurze Seite des Gebäudes spannt. Die Lasten der Decken werden über Plattenbalken und Stützen abgeleitet, die in fünf Achsen in Längsrichtung des Gebäudes angeordnet sind. Die Südöstlichste Achse (A) liegt im Fassadenbereich zur Neckarstraße, die beiden folgenden (B, C) umschließen die Flurzone der Bürogeschosse, die vierte Achse (D) liegt in der Hoffassade der OGs, Achse E liegt in der Hoffassade des EGs und setzt sich im 1. und 2. UG fort. Die Lasten werden letztendlich über Streifenfundamente an das Erdreich abgegeben. Die UGs werden von massiven Stahlbetonwänden und -bodenplatten begrenzt.

Die Lüftungszentrale auf dem Dach besteht aus Stahlrahmen, die auf einem Stahlträger lagert, der die Lasten über die Plattenbalken der Decke über 4. OG abführt.



Tragwerkssystem

Bei der Revitalisierung des DVA-Gebäudes wurde in die Tragstruktur des Rohbaus bis auf kleine Eingriffe wie z. B. das Schließen von Deckenöffnungen nicht eingegriffen. Das heißt, die ursprüngliche Gebäudesubstanz aus den 50er Jahren ist erhalten geblieben. Lediglich in den Untergeschossen musste eine Reihe Stahlstützen zur Ertüchtigung der Decke über 1. UG eingezogen werden. Die Lüftungszentrale auf dem Dach wurde im Zuge der Erneuerung ebenfalls neu errichtet.

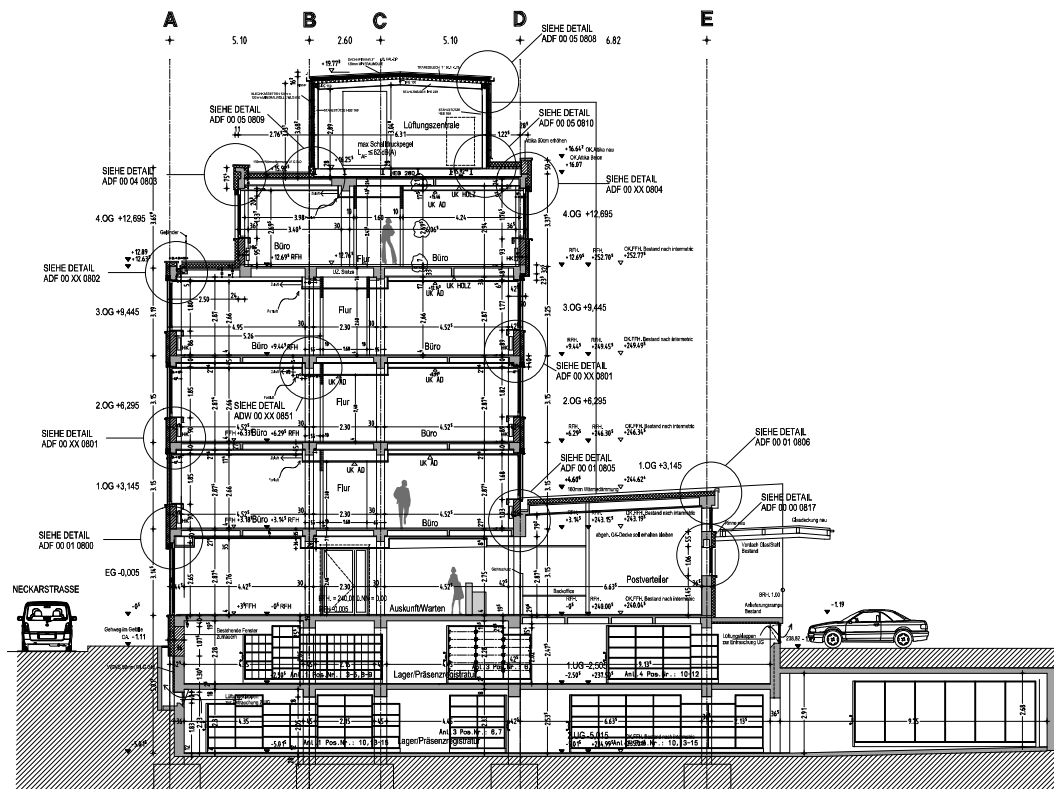


Abb. 3.3.1.4-1: Querschnitt DVA-Gebäude

Das Gebäude misst 22,30 m in Quer- und 67,40 m in Längsrichtung. Das Hauptachsraster in Längsrichtung beträgt 3,40 m, quer dazu 12,80 m. In Querrichtung unterteilt sich das Raster in 5,10 m, 2,60 m und 5,10 m.

In Längs- und Querrichtung ausgesteift wird das Gebäude über zwei Treppenhaukerne. Die Kerne sind jeweils an den Stirnseiten des Gebäudes angeordnet und tragen die horizontalen Lasten in die Gründung ab.

Der vertikale Lastabtrag funktioniert über die Decken, die die Lasten an die Unterzüge und Stützen weiterleiten. Im Bereich der Treppenhäuser erfolgt die Lastweiterleitung über Wandscheiben. Schließlich werden die Vertikallasten über die Fundamente in den Baugrund abgetragen. Die Stützen des zurückspringenden vierten Obergeschosses werden in der Decke über 3. OG durch Unterzüge abgefangen.



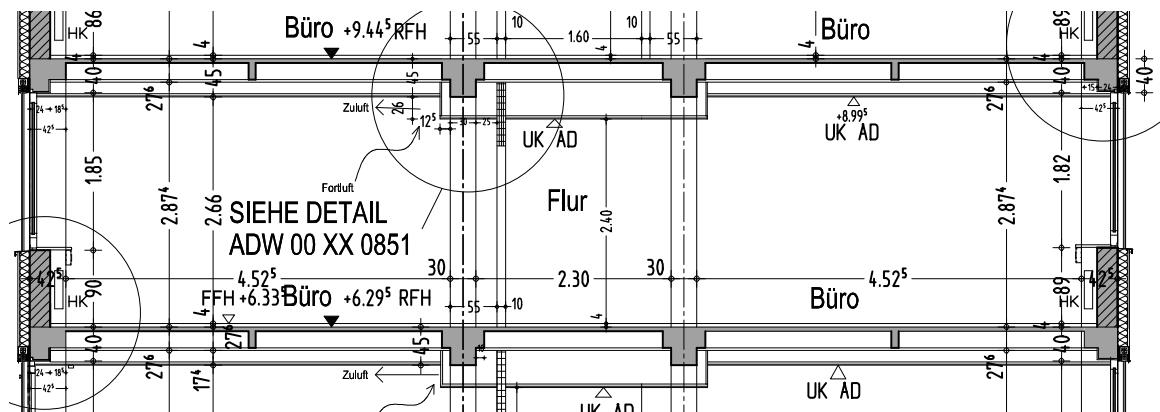


Abb. 3.3.1.4-2: Querschnitt durch die Konstruktion

Für die Lastannahmen wurde die Regeldecke im Bürobereich mit einem Aufbau von Linoleum, 40 mm Estrich und PE-Folie auf der Stahlbetondecke mit 3,5 kN/m<sup>2</sup> inkl. Decke angenommen. Das Dach ist als bekiestes Flachdach mit 16 cm Wärmedämmung, Abdichtung und Dampfsperre mit 5,0 kN/m<sup>2</sup> inkl. Decke angesetzt.

### Gründung

Das Gebäude ist auf Einzel- und Streifenfundamenten gegründet. Die Einzelfundamente der Stützen sind 60 cm bis 80 cm dick. Unter den Außen- und Kernwänden sind Streifenfundamente angeordnet. Deren Breite beträgt 40 cm, die Dicke 60 cm bis 80 cm. Als Beton wurde ein B225 (entspricht heute einem C20/25) ausgeführt. Der verwendete Betonstahl hat die Güte BSt III (entspricht heute einem BSt 420). Die gewählte Betondeckung beträgt  $c = 3$  cm.

Zwischen den Einzel- und Streifenfundamenten liegt eine nichttragende Bodenplatte mit 12 cm Dicke auf einer 5 cm starken Sauberkeitsschicht. Die Bodenplatte der Aufzugsunterfahrten wurde mit einer Dicke von 30 cm auf einer 10 cm dicken Sauberkeitsschicht ausgeführt. Als Beton kam ein B225 (heute C20/25) zum Einsatz. Die Güte des Betonstahls ist BSt III (heute BSt 420) bei einer Betondeckung von  $c = 3$  cm.

Es wurde keine Spezialgründung ausgeführt.

### Aufgehende Bauteile

Die Geschoßhöhe der beiden Untergeschosse beträgt 2,50 m. Der Bereich des Lagers erstreckt sich über zwei Geschosse mit einer Höhe von 5,00 m. Bei den aufgehenden Geschossen beträgt die Geschoßhöhe 3,15 m.

Die Stahlbetonstützen wurden in Ortbeton ausgeführt. Die unterschiedlichen Stützentypen werden nachfolgend beschrieben.

Die Abmessungen der Innenstützen variieren von den Unter- zu den Obergeschossen. In den Untergeschossen betragen sie 40 cm x 45 cm in den Achsen B und C, in Achse D 36,5 cm x 42,5 cm und in Achse E 36,5 cm x 36,5 cm. In den Obergeschossen sind die Abmessungen der Innenstützen 30 cm x 40 cm.

Die Randstützen in den Untergeschossen haben in Achse A die Abmessungen 36 cm x 90 cm im 2. UG und 36 cm x 52,5 cm im 1. UG, bei Achse E messen die Randstützen 36,5 cm x 109,5 cm. Die Abmessungen in den aufgehenden Geschossen sind durchgehend 36,5 cm x 44,5 cm.

Bei den Eckstützen betragen die Abmessungen 36,5 cm x 44,5 cm.

Alle Stützen sind mit einem Beton B225 (C20/25) und einem Betonstahl der Güte BSt I (BSt 220) ausgeführt.

Die Außenwände im Untergeschoss sind 36,5 cm dick. Bei den Treppenhäusern haben die Außenwände eine Dicke von 36,5 cm und die Innenwände sind 24 cm stark. Die Ausführung erfolgte zum Teil mit tragendem Ziegelmauerwerk.

### Decken und Dach

Als Deckensystem wurde eine Unterzugsdecke ausgeführt. Die Decke spannt einachsig quer zur Gebäudelängsrichtung. Das statische System der Regelobergeschossdecke ist ein Durchlaufträger mit drei Feldern. Die Stützweiten betragen 5,10 m in den beiden Randfeldern und 2,60 m im mittleren Feld.

Die Regeldecke ist eine Stahlbetonrippendecke mit einem Rippenabstand von ca. 42,5-44 cm, wie in Abbildung 2C.3.1-3 dargestellt. Die Rippe ist 10,0 cm breit und inklusive Deckenspiegel 30 cm hoch. Die Dicke des Deckenspiegels beträgt 5 cm.

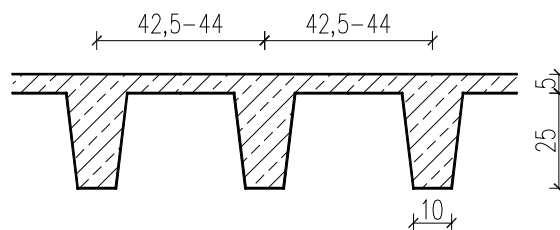


Abb. 3.3.1.4-3: Querschnitt Rippendecke Regelgeschoss

Als Betongüte kam ein B225 (entspricht C20/25) zum Einsatz. Der Betonstahl besitzt die Güte BSt III (BSt 420). Die Betondeckung wurde mit  $c = 1,5-2,0$  cm gewählt.

Die Decke ist nicht vorgespannt. Die angesetzte Verkehrslast beträgt bei den Decken der Untergeschosse  $7,5 \text{ kN/m}^2$ , bei den Decken der Obergeschosse  $5,0 \text{ kN/m}^2$ .

Die Dachdecke ist als Flachdecke ausgeführt. Die Decke spannt einachsig quer zur Gebäudelängsrichtung. Das statische System der Decke entspricht einem Zweifeldträger mit Stützweiten von 3,74 m und 6,40 m.

Die Dachdecke ist wie die Geschosdecken als Stahlbetonrippendecke mit einem Querschnitt gemäß Abbildung 2C.3.1-3 ausgeführt. Die Abmessungen der Rippen sind 10 cm in der Breite und 30 cm in der Höhe inklusive Deckenspiegel. Der Rippenabstand beträgt ca. 42,5-44 cm, die Dicke des Deckenspiegels 5 cm.

Die Betongüte der Dachdecke entspricht einem C20/25. Der eingesetzte Betonstahl hat die Güte BSt III (BSt 420). Die Betondeckung beträgt  $c = 1,5-2,0$  cm.

Als Verkehrslast auf die Dachdecke wurden  $0,8 \text{ kN/m}^2$  für Schnee berücksichtigt.

### Sonstiges

In Achse D/15-16 ist ein Aufzugsschacht für zwei Aufzüge angeordnet. Ein Lastenaufzug, der vom UG ins EG verläuft, befindet sich in Achse C-D/6-7.

Vertikale Versorgungsschächte befinden sich in Achse D-E/15-16 im Bereich Aufzug und in Achse C-D/1 im Bereich Treppenhaus.

Das Treppenhaus in Achse C-D/0 verläuft durchgängig von den Untergeschossen in die Obergeschosse. Das Treppenhaus in Achse B-C/17-18 verspringt vom ersten Untergeschoss ins Erdgeschoss.

Es wurde keine ingenieurmäßige Fassade ausgeführt.

Bei der Revitalisierung wurden zur Ertüchtigung der Decke über erstem Untergeschoss Stahlstützen in Achse D-E/1-15 eingezogen. Des Weiteren wurde die Lüftungszentrale auf dem Dach auf eine Stahlkonstruktion gesetzt, um die Lasten kontrolliert in den Bestand leiten zu können.

### **3.3.1.5 Gebäudehülle**

#### Fassade, Fenster, Außentüren, Sonnen-, Blendschutz

Die Fassaden des DVA-Gebäudes sind Lochfassaden. An den Stirnseiten sind die Fassaden weitestgehend geschlossen und weiß verputzt. Lediglich die dortigen Treppenhäuser werden über raumhohe Öffnungen belichtet, die mit Glasbausteinen ausgefacht sind. Das südliche Treppenhaus wurde anthrazitfarben gestrichen. Auf der Straßen- und Hofseite sind im 1. – 3. OG die Lochfenster durch eine Verkleidung der Laibungen mit Sandwichpaneelen optisch zu Fensterbändern zusammengefasst. Die geschlossenen Fassadenflächen dazwischen besitzen eine Klinkerfassadenoptik - dunkelgrau im EG, dunkelrot vom 1. – 3. OG. Die Fassade des 4.



OG sowie die Treppenausstiege auf dem Dach sind als weiß verputzte Lochfassaden gestaltet. An der dortigen Fassade ist ein Stahlgeländer zur Absturzsicherung vorhanden. Weiß verputzt sind ebenfalls die Fassaden des Aufzugsschachtes an der Hofseite sowie die Hoffassade des EGs entlang der ehemaligen Laderampe.

Die hier verwendeten Fassadentypen basieren fast alle auf dem Prinzip des Wärmedämmverbundsystems (WDVS). Auf der Straßen- und Hofseite des Gebäudes wurde auf den Putz zugunsten von aufgeklebten keramischen Fliesen in Mauerwerks-Riemchen-Größe verzichtet, um die Klinkerfassadenoptik herzustellen.

Die Lüftungszentrale auf dem Dach ist mit Industriebau-Sandwichplatten verkleidet.

Fenster und Türen sind moderne Standardprodukte gängiger Fenster- und Türhersteller. Die Lochfenster sind in der Regel mit Dreh-Kipp-Flügeln ausgestattet.

Der Sonnenschutz ist auf der Außenseite unter Blechverkleidungen über den Fensterbändern angeordnet. Blendschutz gewährleisten Vorhänge in den Büroräumen.



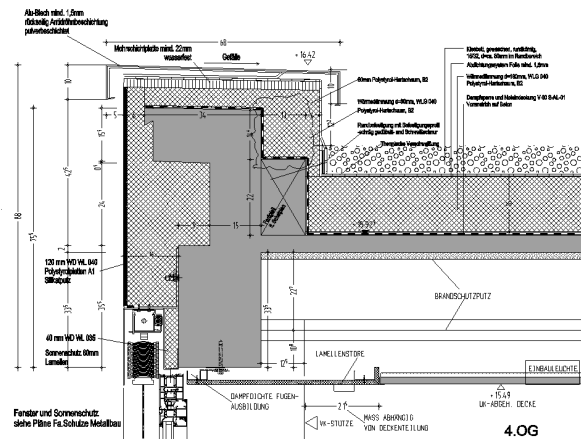
Dächer

Das DVA-Gebäude besitzt mit Ausnahme des Glasvordachs über der ehemaligen Laderampe im Hof ausschließlich Flachdächer. Die Dächer über dem 4.OG und den Treppenausstiegen sind als Kiesdächer (d = 5 – 8 cm) mit Warmdachaufbau (Dampfsperre als Notabdichtung) ausgeführt. Die Dämmung besteht aus Polystyrol-Hartschaumplatten mit 16 cm Dicke. Im Bereich der Stahlträger der Lüftungszentrale liegt ein Teil der Dämmung (5 cm Extrudierter Polystyrol-Hartschaum, EPS) unter den Trägern. Weitere 12 cm EPS-Dämmung liegen auf Trapezblechen über den Trägern.

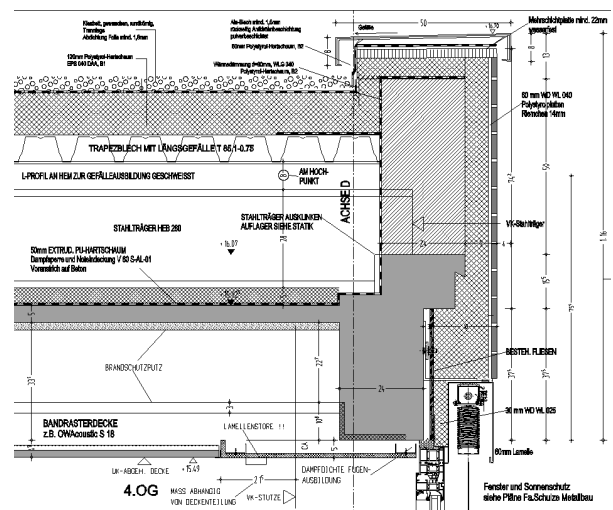
Die Entwässerung erfolgt über Dachabläufe in der Mitte der Dachfläche.

Auf dem Dach läuft ein Instandhaltungsweg aus Betonplatten. Punkt-Sekuranten sind als Sicherungssystem für Dacharbeiten vorhanden.

Die Attiken sind - wie am gesamten Gebäude – mit pulverbeschichtetem Aluminium abgedeckt und ebenfalls wärmedämmt.



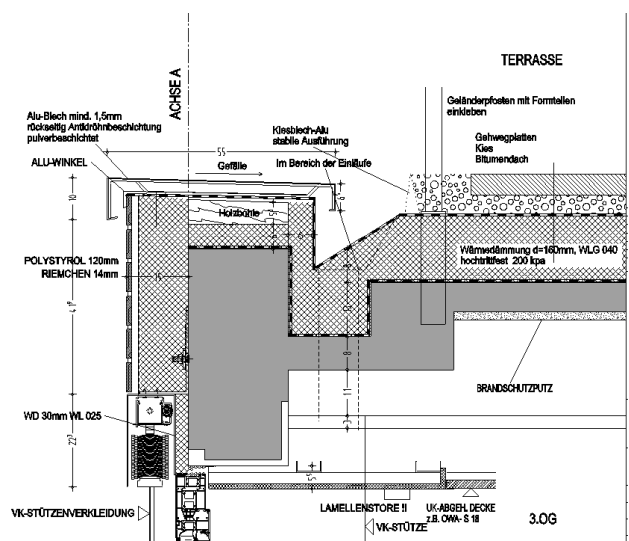
Detail Dachaufbau ü. 4. OG



Detail Dachaufbau an der Lüftungszentrale

Der Dachaufbau der Dachterrasse über dem 3. OG wurde wie die oben beschriebenen Dächer ausgeführt. Als Oberlage liegen hier allerdings Betongehwegplatten im Kies. Die Dachentwässerung erfolgt über eine Folienrinne entlang der Attika.

Das Dach über dem hofseitigen Archivbereich wurde ebenfalls wie oben beschrieben ausgeführt. Es fällt zur aufgehenden Fassade ab. Hier entwässert das Dach in eine beheizte Folienrinne an der aufgehenden Fassade.



Detail Dachaufbau Dachterrasse

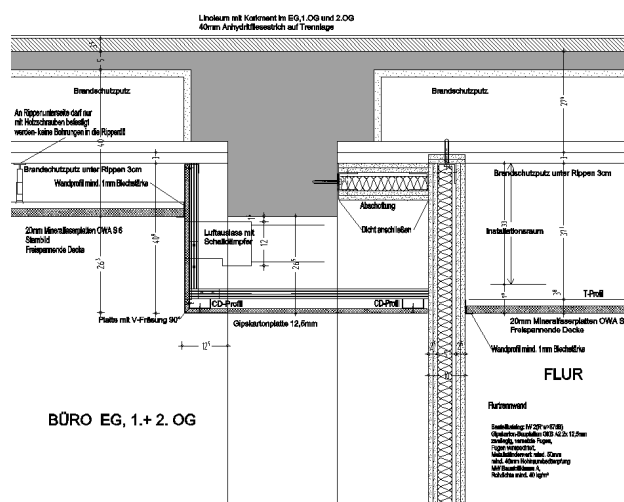
## Erdberührte Bauteile

Erdberührte Bauteile wurden bei der Revitalisierung nicht überarbeitet. Lediglich in die Lichtschächte am Gehsteig wurde das WDVS heruntergeführt. Über die ursprüngliche Ausführung der erdberührten Bauteile sind keine Angaben bekannt.

### 3.3.1.6 Ausbau

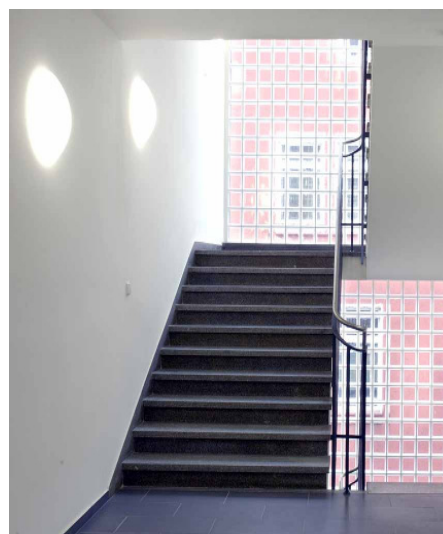
#### Wände

Die Innenwände sind mit Ausnahme einer massiven Mauerwerksbrandwand in Trockenbauweise erstellt. Dabei handelt es sich um Ständerwände, die mit 12,5 mm starken Gipskartonplatten zweifach beplankt sind und eine Hohlraumdämmung aus Mineralfaserplatten besitzen.



#### Böden

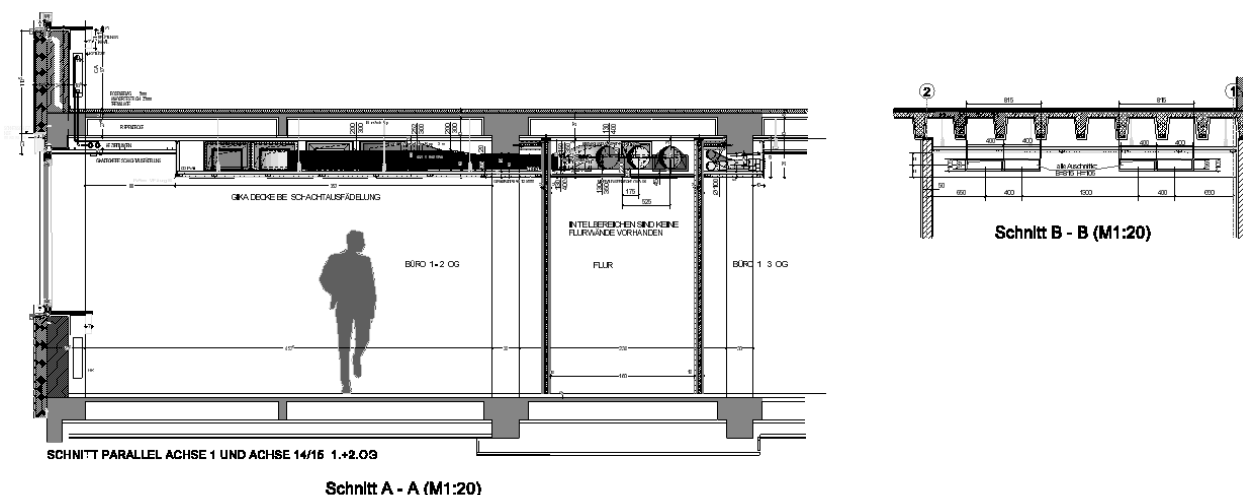
In den Untergeschossen ist der Bodenbelag eine Kunstharzbeschichtung, die auf dem rohen Betonboden aufgebracht ist. Die Treppenhäuser haben einen Belag aus anthrazitfarbenem Naturwerkstein, verlegt im Mörteldickbett. In den Bürobereichen liegt Linoleum auf 3 mm Korkmatt, aufgebracht auf 40 mm Anhydritestrich. Der Bodenaufbau in den Sanitärbereichen besteht aus 45 mm Zementestrich und Fliesen, die auf einer Flüssigabdichtung verklebt sind.



Decken

Die Decken in den Büroräumen, als auch den Bürofluren sind als abgehängte Bandraaster-Akustikdecken ausgeführt. Lediglich im Informations- und Flurbereich des EGs finden sich abgehängte Gipskartondecken. In Treppenhäusern sind Betondecken verputzt und gestrichen. In den Archivräumen sind die rohen Betondecken gestrichen.

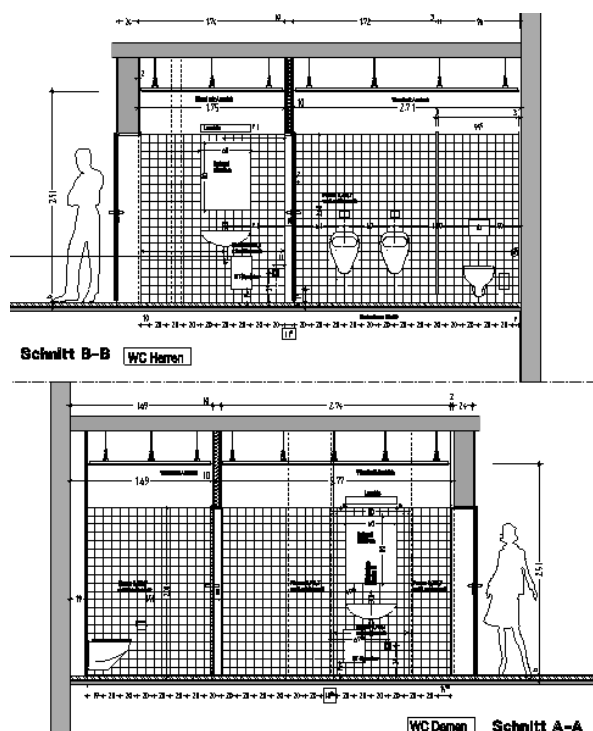
Bei der Revitalisierung des Gebäudes wurden die bestehenden Rippendecken aus Brandschutzgründen mit einem Brandschutzbewurf ertüchtigt, bevor die neue Abhängecke installiert wurde.



Schnitte durch abgehängte Decken im Regelgeschoss

Sanitärbereiche

Trennwände in den Sanitärbereichen wurden ebenfalls in Trockenbauweise erstellt. Installationen, wie beispielsweise Spülkästen sind in ihnen eingebaut. Die Wände sind bis zu einer Höhe von 2 m komplett gefliest. Einzelne WC-Kabinen sind mit Systemtrennwänden abgeteilt. Bei den Sanitärgegenständen handelt es sich um Standardprodukte gängiger Hersteller.



### **3.3.1.7 Außenanlagen**

Im Außenbereich befinden sich auf der Straßenseite lediglich die Zugänge zum Haupt- und Nebeneingang. Vor dem Haupeingang wurde bei der Revitalisierung ein behindertengerechter Zugang über eine Rampe erstellt.

Der Hof auf dem Grundstück Neckarstraße 121 wird als Parkplatz genutzt und ist komplett neu gepflastert. An der rückwärtigen Seite des Gebäudes liegt eine ehemalige Laderampe, die auch heute noch zur Anlieferung von zu archivierendem Material genutzt werden kann. Sie wurde bei der Revitalisierung in Stand gesetzt.

## **3.1.4 Analyse der Nutzbarkeit der Büroflächen**

### **3.1.4.1 Analyseziele**

Im Rahmen des REG-Forschungsvorhabens sollen die ermittelten Kennwerte nicht allein auf Gebäudedaten, wie beispielsweise Flächen oder Volumen bezogen werden, sondern auch auf die Arbeitsplatzzahlen der Gebäude.

Die Arbeitsplatzzahlen, die in Bürogebäuden, bezogen auf die Grundfläche, realisiert werden können, hängen in hohem Maße davon ab, wie Gebäudegrundriss, Büronutzungskonzept und Möblierung gestaltet sind. Auch eine hohe Zahl von Besprechungsräumen oder großflächigen Büros von leitenden Angestellten beeinflussen die Arbeitsplatzzahlen pro Quadratmeter.

In den drei Praxisprojekten wurden von den heutigen Nutzern verschiedene Bürokonzepte umgesetzt. Die aktuell bestehenden Zahlen von Arbeitsplätzen pro Quadratmeter, lassen sich deshalb nicht vergleichen. Um eine Vergleichbarkeit, wie sie für REG benötigt wird, zu ermöglichen, soll nun untersucht werden, wie viele Arbeitsplätze sich theoretisch in den jeweiligen Regelgeschossen realisieren ließen, wenn in den drei Gebäuden jeweils das gleiche Büroraumkonzept mit einer einheitlichen Möblierung umgesetzt würde. Zusätzlich soll untersucht werden, wie flexibel sich in den Grundrissformen der drei Gebäude unterschiedliche Büroraumkonzepte umsetzen lassen.

### **3.1.4.2 Aufbau und Randbedingungen der Analyse**

#### Vorgehen

Die Analyse wird als planerische Analyse durchgeführt, bei der ausschließlich mit CAD-Zeichnungen gearbeitet wird.

In einem ersten Schritt werden für jedes Gebäude beispielhaft Regelgeschosse ausgewählt, um für die Analyse bei begrenztem Aufwand aussagekräftige Ergebnisse ermitteln zu können.

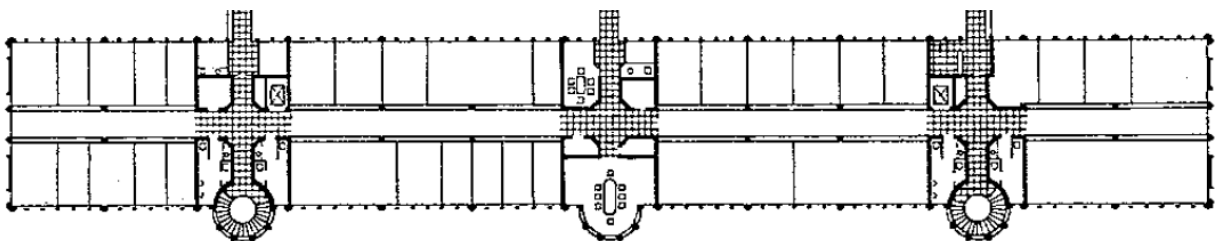


Anschließend werden die Grundrissformen der jeweiligen Gebäude einer Prüfung hinsichtlich ihrer Geometrie unterzogen, um zu ermitteln, welche Büroraumkonzepte sich in ihnen verwirklichen ließen. Dabei werden Abmessungen der Grundrisse (wie Gebäudetiefe, Achsraster, Stützenstellung, Raumhöhe) auch im Hinblick auf eine natürliche Belichtung der Arbeitsplätze untersucht. Im nächsten Schritt wird eine Raumaufteilung vorgenommen, die abschließend um eine Möblierungsplanung ergänzt wird. Anhand dieser Planung können Belegungsmöglichkeiten verglichen und die Flächeneffizienz (Quadratmeter pro Arbeitsplatz) der Gebäude angegeben werden.

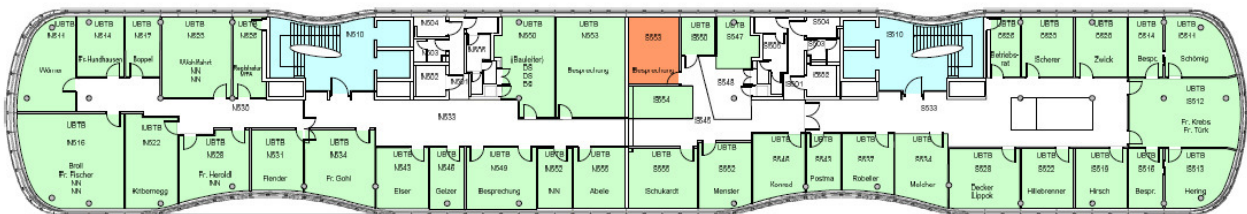
Regelgeschosse

Es wird davon ausgegangen, dass die aussagekräftigsten Ergebnisse für einen Vergleich der Arbeitsplatzbelegung durch den Vergleich der Regelgeschosse erreicht werden kann. Deshalb wurden folgende Geschosse als Untersuchungsflächen für die Analyse ausgewählt:

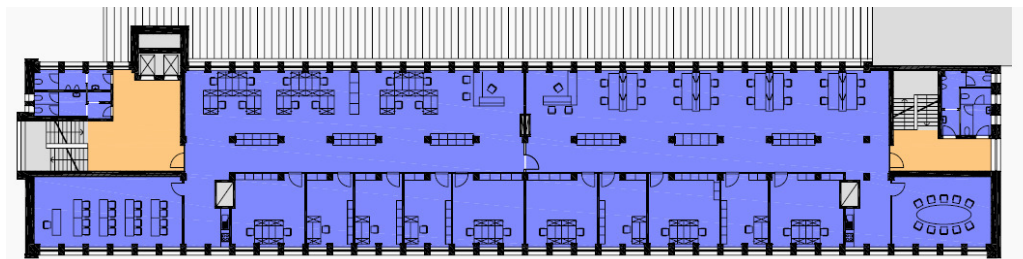
- Züblin-Haus, 3. OG, Block A;
- Z-Zwo, 5.OG;
- DVA, 2.OG.



Regelgeschoss Züblin-Haus, 3. OG, Block A



Regelgeschoss Z-Zwo, 5. OG



Regelgeschoss DVA, 2. OG

### Belegungsmodell

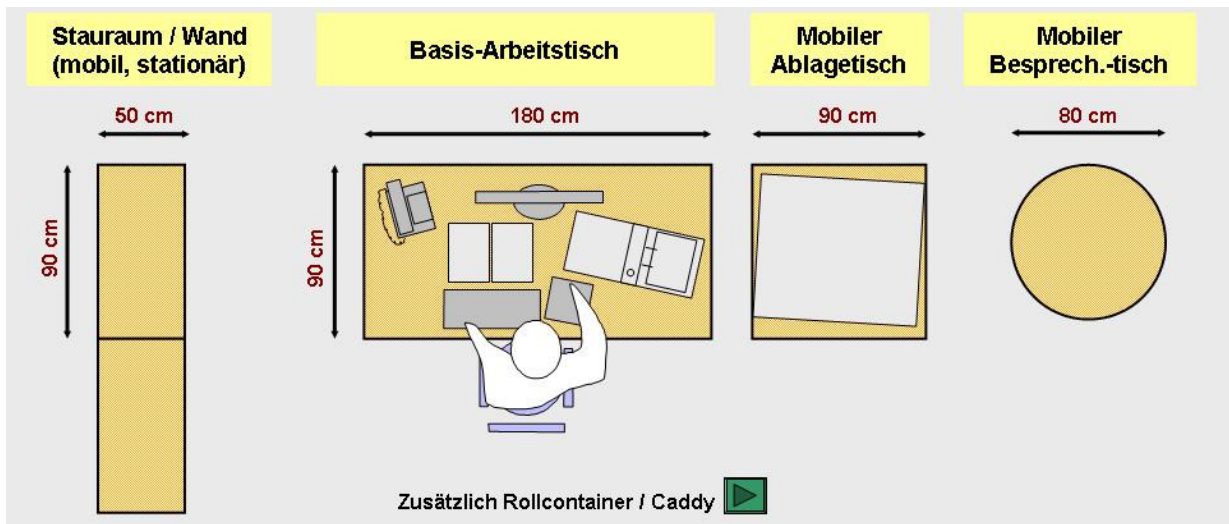
Es wird auf Raumtypen wie großflächige Büros für leitende Angestellte, Bürotechnikräume oder Besprechungszimmer verzichtet. Dadurch kommt ein theoretisches Belegungsmodell zur Anwendung, das allein aus Standardarbeitsplätzen besteht.

### Möbliering

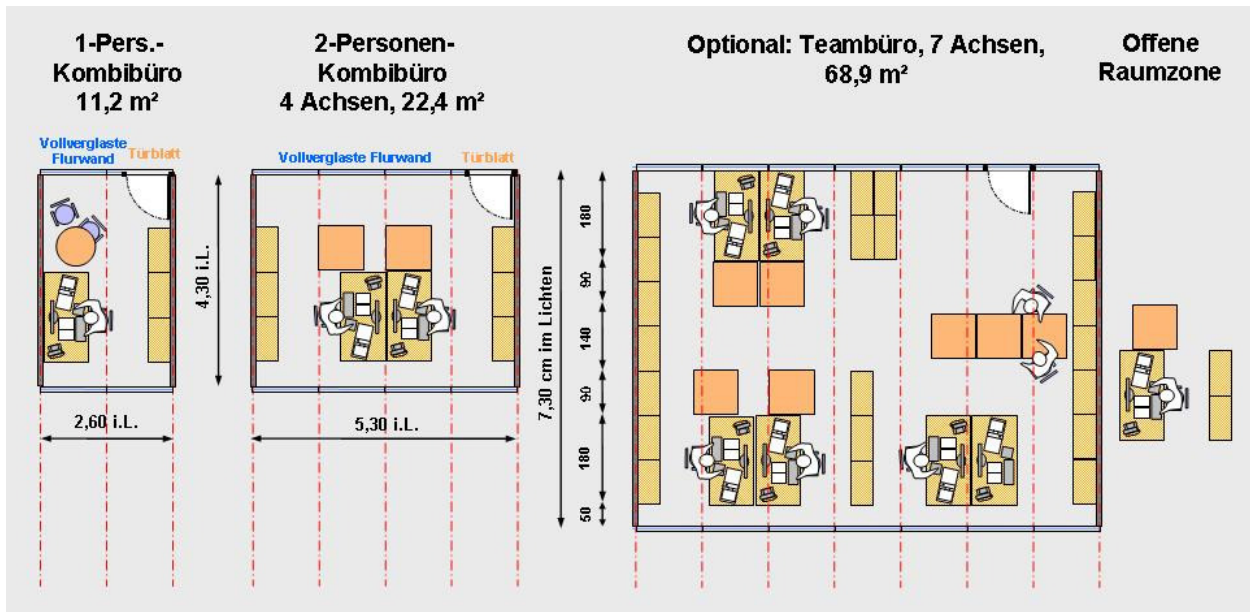
In allen drei Gebäuden wird zudem die gleiche Möbliering eingesetzt. Die Möbliering entstammt einem Möbelkonzept, das bei der Firma Züblin im Rahmen der Konzeption der Hauptverwaltungserweiterung Z-Zwo zur idealen Gestaltung von Büroarbeitsplätzen im Bauwesen erarbeitet wurde. Bestandteil der Möbliering sind Aktenschränke, Schreibtisch, Beistelltisch und ein Schreibtischstuhl sowie optional ein Rollcontainer und ein Besprechungstisch mit 2 – 4 Stühlen. Die Möbel basieren auf einem Modulmaß von 45 cm. Daraus ergeben sich für die einzelnen Möbelstücke folgende Abmessungen:

- Schrank – b 90 cm, t 45 cm, h flexibel;
- Schreibtisch – b 180 cm, t 90 cm, h flexibel;
- Beistelltisch – b 90 cm, t 90 cm, h flexibel;
- Besprechungstisch – d 90 cm





Möblierungskonzept für Arbeitsplätze im Bauwesen



Büroraumkonzepte mit obigem Möblierungskonzept

### Angewandte Regelwerke

Die Möblierung wird außerdem gemäß der gültigen Normen und Vorschriften zur Gestaltung von Büroarbeitsplätzen vorgenommen. Folgende Regeln werden angewendet:

DIN 4543 – Büroarbeitsplätze

DIN 5034 – Tageslicht in Innenräumen

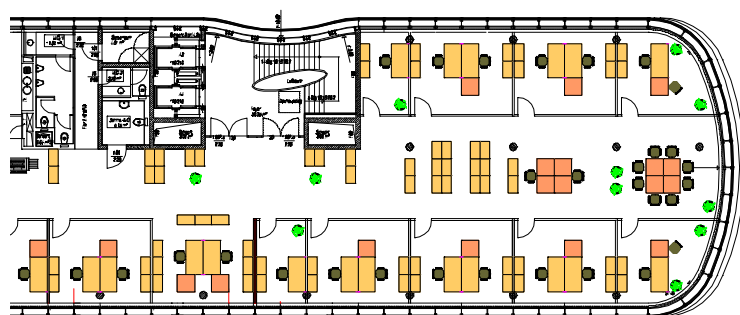
ASR A 2.3 – Fluchtwege, Notausgänge, Flucht- und Rettungsplan

ASR 7/1 - Sichtverbindung nach außen

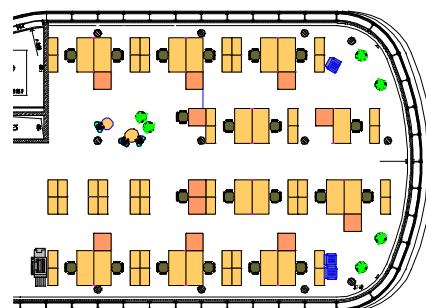
### Flexible Nutzbarkeit

Die flexible Nutzbarkeit der Büroflächen soll anhand dreier, für den Verwaltungsbau typischer Büroraumkonzepte untersucht werden.

1. Zellenbüros mit jeweils zwei Arbeitsplätzen pro Bürozelle;
2. Kombi-Büros mit Zellenbüroketten an den Fassaden mit jeweils zwei Arbeitsplätzen und einer offenen Bürozone in der Gebäudemitte;
3. Großraumbüro.



Zellenbüros



Kombi-Büros

Großraumbüro

### 3.1.4.3 Analyse - Nutzungsmöglichkeiten der Regelgeschosse

#### Möblierbarkeit im Bezug auf die Geometrie der Grundrisse

Eine wesentliche Größe, die die Nutzungsflexibilität der Regelgeschosse beeinflusst, ist die lichte Gebäudetiefe. Sie bestimmt wie viele Arbeitsplätze hintereinander aufgestellt werden können. Ob in zweiter Reihe hinter der Fassade Arbeitsplätze liegen können, hängt allerdings von der Belichtung der Geschosse ab, die maßgeblich von der Geschosshöhe bestimmt wird. Die drei Praxisprojekte weisen folgende lichte Gebäudetiefen auf:

|                         |          |
|-------------------------|----------|
| Hauptverwaltung Züblin: | 12,50 m; |
| Z-Zwo:                  | 13,88 m; |
| DVA:                    | 11,95 m. |

Geht man vom Einsatz der oben beschriebenen Möblierung aus, so sind für die Realisierung mehrerer Arbeitsplatzreihen über die Tiefe der Gebäude bestimmte lichte Maße erforderlich:

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Abstandsfläche vor Fassaden                                | 60 cm                        |
| Breite Schreibtisch  | 180 cm                       |
| Breite Beistelltisch                                       | 90 cm                        |
| Optional: Besprechungstisch mit Stühlen                    | 190 cm                       |
| Mindestbreite Flur (Fluchtweg) bei < 200<br>Arbeitsplätzen | 175 cm<br>(besser<br>200 cm) |
| Optional: Besprechungstisch mit Stühlen                    | 190 cm                       |
| Breite Beistelltisch                                       | 90 cm                        |
| Breite Schreibtisch  | 180 cm                       |
| Abstandsfläche vor Fassaden                                | 60 cm                        |
| <hr/>  |                              |
| Lichte Mindestgebäudetiefe, ohne<br>Besprechungstische     | 835 cm<br>(860 cm)           |
| Lichte Mindestgebäudetiefe, mit<br>Besprechungstischen     | 1025 cm<br>(1050<br>cm)      |

Jeder weitere Arbeitsplatz benötigt zusätzlich eine Gebäudetiefe von:

|   |        |
|---|--------|
| Breite Schreibtisch                           | 180 cm |
| Breite Beistelltisch                          | 90 cm  |
| <hr/>   |        |
| Lichte Gebäudetiefe pro weiterem Arbeitsplatz | 270 cm |

Die Anordnung der tragenden Bauteile, wie Stützen und Wände bestimmt ebenfalls stark die Nutzungsmöglichkeit. In der Züblin Hauptverwaltung stehen die Stützen in einem Hauptachsrastraster von 7,20 m. In der Gebäudetiefe liegen 4,80 m zwischen den Stützen. Im Z-Zwo handelt es sich um 5,40 m Achsabstand über die Gebäudelänge und 5,60 m bzw. 7,75 m in der Gebäudetiefe. In der DVA sind es respektive 3,40 m und 5,10 m.

Über die Gebäudelänge benötigt die hier gewählte Möblierung folgende Mindestlängen:

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| Aktenschrank o. Sideboard    | 45 cm  |
| Bewegungsraum, s. DIN 4543   | 100 cm |
| Tiefe Schreibtisch           | 90 cm  |
| <hr/>                        |        |
| Mindestlänge 1 Arbeitsplatz  | 235 cm |
| Mindestlänge 2 Arbeitsplätze | 470 cm |

Daraus folgt, dass im Züblin-Haus der Länge nach, gerade nicht drei Schreibtische mit rückwärtigen Schränken zwischen die Stützen passen. In der Gebäudetiefe lässt sich eine Reihe Arbeitsplätze in der stützenfreien Zone unterbringen. Damit ist die Flexibilität in der zweiten Reihe stark eingeschränkt. Zudem bliebe bei einer Möblierung in zweiter Reihe nicht genug Platz für einen Fluchtweg. Deshalb lässt sich in der Züblin-Hauptverwaltung nur eine einreihige Anordnung von Arbeitsplätzen realisieren.

Im Z-Zwo lassen sich zwischen zwei Stützen längs zwei Arbeitsplätze anordnen. In der Gebäudetiefe können vier Reihen Arbeitsplätze angeordnet werden, da sie genau zwischen die Stützen passen. Das Z-Zwo ist folglich sehr flexibel möblierbar. Je nach Wandstellung sind hier die unterschiedlichsten Grundrisstypen möglich.

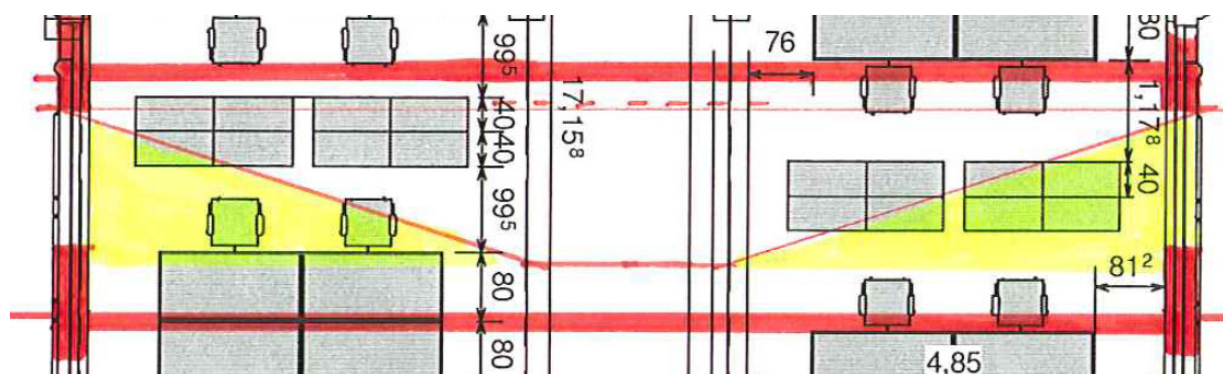
In der DVA kann zwischen zwei Stützen lediglich ein Arbeitsplatz untergebracht werden. Auch in der Gebäudetiefe passt nur eine Reihe Arbeitsplätze zwischen die Stützen. Die Notwendigkeit in der Gebäudemitte Fluchtwege anzuordnen verhindert auch hier eine Möblierung in zweiter Reihe.

Natürliche Belichtung

Maßgeblich für die Nutzbarkeit der vollen Gebäudetiefe ist auch die natürliche Belichtung. Sie wird vor allem von der Fenster- und Raumhöhe bestimmt. Durch eine Fensteröffnung, die direkt unter der Decke sitzt, fällt beispielsweise mehr Licht in die Tiefe des Raumes, als durch ein Fenster mit einem Fenstersturz. Die lichten Geschosshöhen der drei Untersuchungsobjekte betragen:

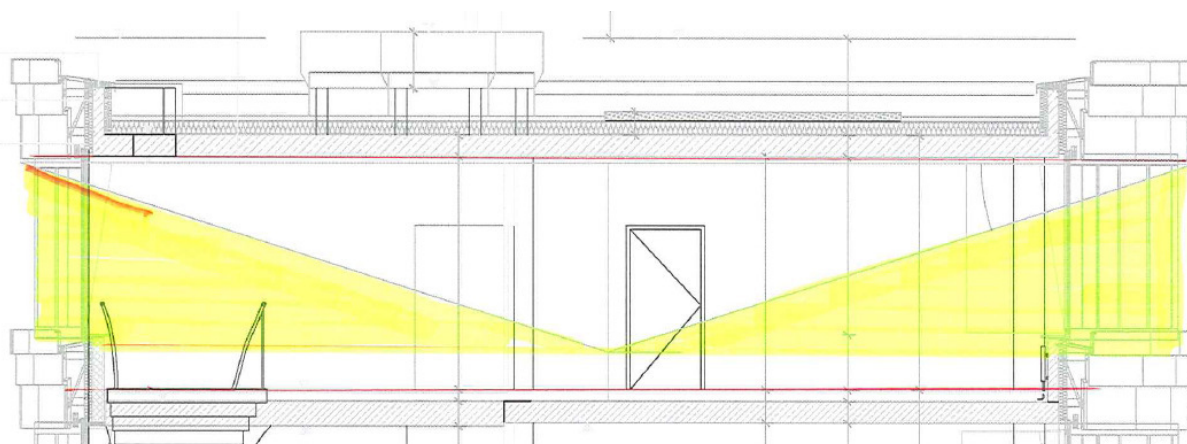
- Hauptverwaltung Züblin: 2,78 m;
- Z-Zwo: 3,02 m;
- DVA: 2,66 m.

Beginnen bei Z-Zwo und DVA die Fenster jeweils direkt unter der Decke, schränkt im Züblin-Haus ein 30cm tiefer Unterzug die Belichtung ein. Unter dem unten beispielhaft angegebenen Lichteinfallswinkel von ca. 18° reicht die belichtete Fläche auf Schreibtischplattenhöhe von ca. 75 cm nur bis zu den inneren Stützenreihen.



Züblin-Haus Lichteinfall

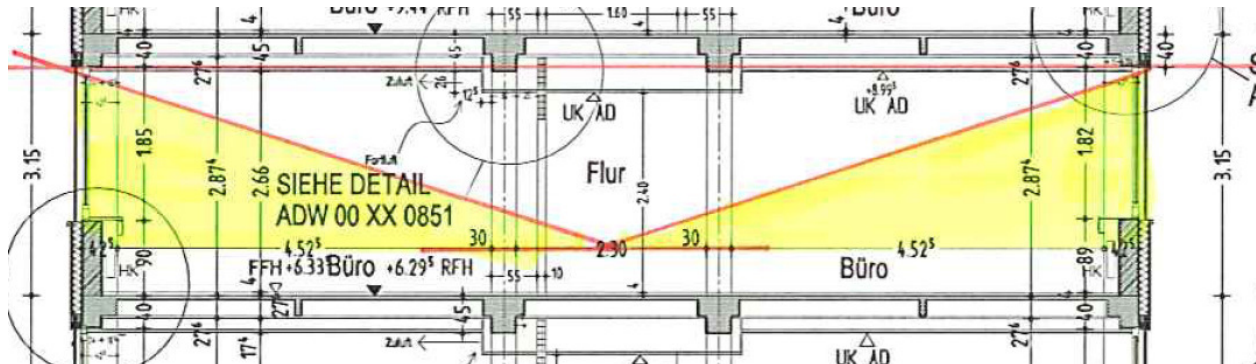
Das Z-Zwo erreicht in diesem Aspekt wesentlich bessere Werte. Eine natürliche Belichtung ist hier über die gesamte Gebäudetiefe gewährleistet.



Z-Zwo Lichteinfall



Die DVA ist aufgrund der proportional zur Raumhöhe geringeren Gebäudetiefe auch bis zur Gebäudemitte natürlich belichtet.



#### DVA Lichteinfall

Somit weist lediglich die Züblin-Hauptverwaltung bedeutende Einschränkungen bei der Flexibilität durch zu geringe Belichtung in der Gebäudemitte auf.

#### Raumaufteilung

Eingangs wurde bereits erwähnt, dass bei dieser Analyse die Büroraumkonzepte Zellenbüros, Kombi-Büros sowie Großraumbüros untersucht werden sollen.

#### *Zellenbüros*

In dieser Untersuchung sollen 2 Achsen pro Arbeitsplatz bzw. 4 Achsen pro Doppelbüro betrachtet werden. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, sollte dies für alle drei Gebäude zur Anwendung kommen. Durch die sehr breiten Achsabstände in der DVA ist dies für dieses Gebäude jedoch nicht sinnvoll. 3 Achsen spannen hier 5,10 m weit. Beim Züblin Haus erreichen 4 Achsen eine Weite von 4,80 m und im Z-Zwo sind es 5,40 m. Mit dieser Grundlage ist folglich weitestgehende Vergleichbarkeit sichergestellt.

In Längsrichtung trennen Trockenbauwände die Bürozellen voneinander. Zum Flur in Mittellage ist dies in DVA und Z-Zwo auch der Fall. Im Züblin-Haus befinden sich hier Schrankwände, die beibehalten werden.

#### Kombi-Büros

Aufgrund der oben dargestellten geometrischen Einschränkungen der Grundrissformen kann das Kombi-Büro nur im Z-Zwo realisiert werden. In den anderen Gebäuden verhindert die innere Stützenstellung den Einbau von mittig liegenden Arbeitsplätzen, wie sie hier verwendet werden. Die Kombi-Büros im Z-Zwo sind ebenfalls Doppelbüros mit jeweils 4 Achsen. In der Gebäudemitte bleibt zwischen den Kernen noch Raum für Arbeitsplätze in der Mittelzone.



Trockenbauwände bilden den Raumabschluss in Längsrichtung. Zur Multi-Zone hin stehen verglaste Systemwände, durch die das Licht in die Gebäudemitte fallen kann.

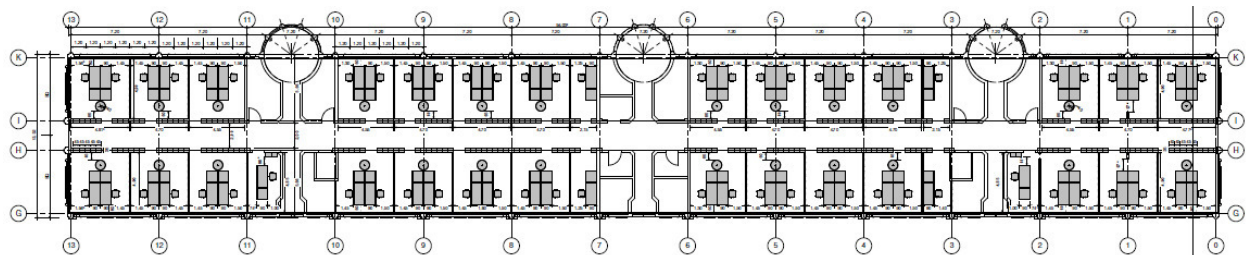
### Großraumbüros

In allen drei Gebäuden können Großraumbüros realisiert werden. Räumlich werden die Großraumbüros vor allem durch Aktenschränke oder Sideboards strukturiert. Lassen sich im Z-Zwo vier Reihen Arbeitsplätze möblieren, so schränkt im Züblin-Haus die mangelnde Belichtung und in der DVA die Stützenstellung die Möblierung derart ein, dass nur zwei Reihen Arbeitsplätze realisiert werden können.

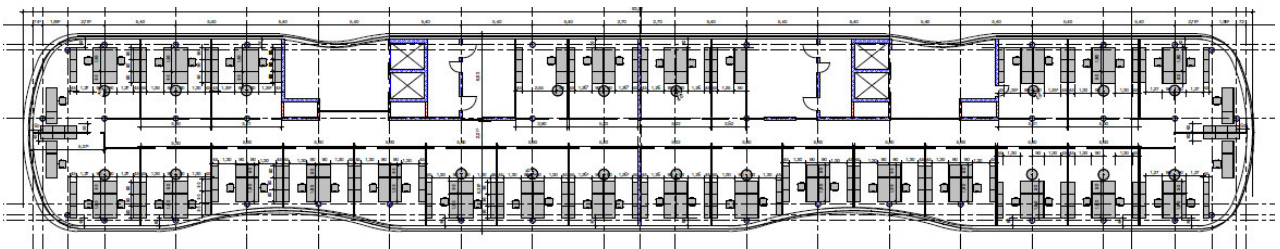
#### **3.1.4.4 Ergebnisse - Nutzungsmöglichkeiten der Regelgeschosse**

Nach der zeichnerischen Möblierung der drei Regelgeschosse liegen für alle Büroraumkonzepte Beispielgrundrisse vor. Aus ihnen lassen sich nun Arbeitsplatzzahlen, bezogen auf die Fläche ermitteln.

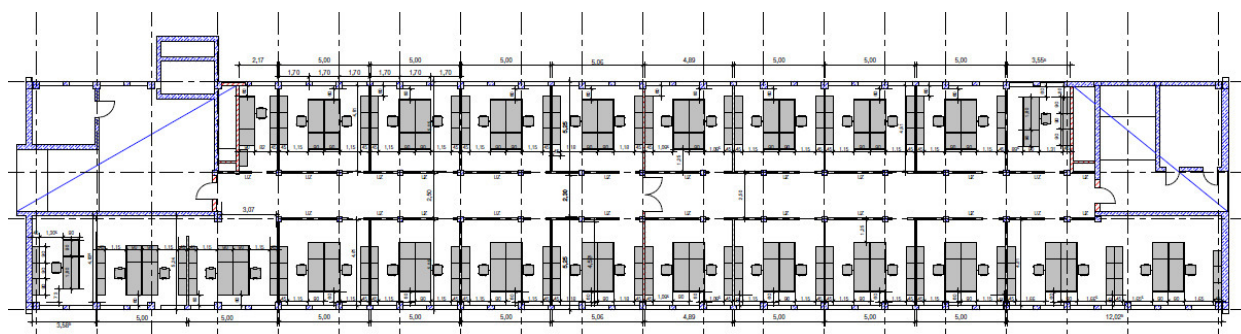
### Zellenbüros



Züblin-Haus, Zellenbüros



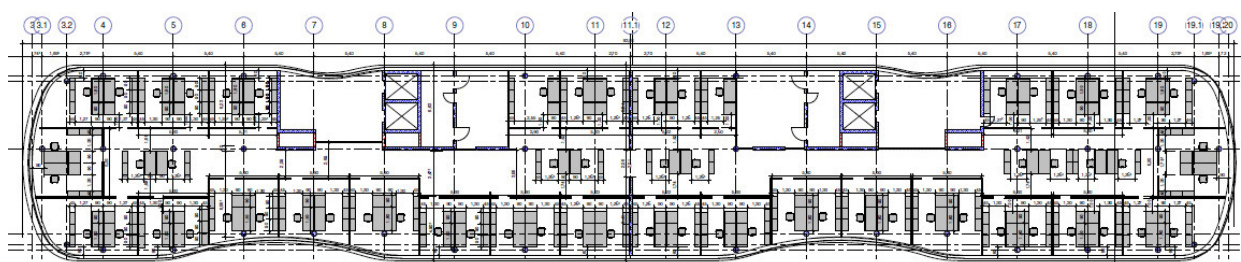
Z-Zwo, Zellenbüros



DVA, Zellenbüros

| Praxisprojekt                          | Arbeitsplatzzahlen bei Zellenbüroaufteilung |
|--|---|
| Züblin-<br>Hauptverwaltung,<br>3.OG, A | 62  |
| Z-Zwo, 5.OG                            | 54  |
| DVA, 2.OG                              | 43  |

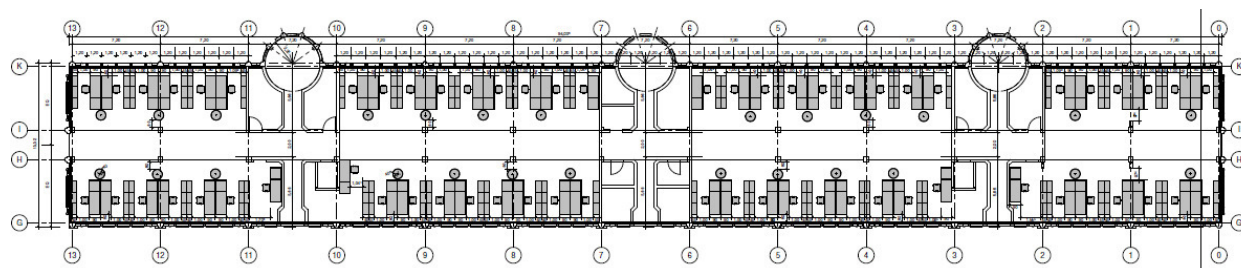
Kombi-Büros



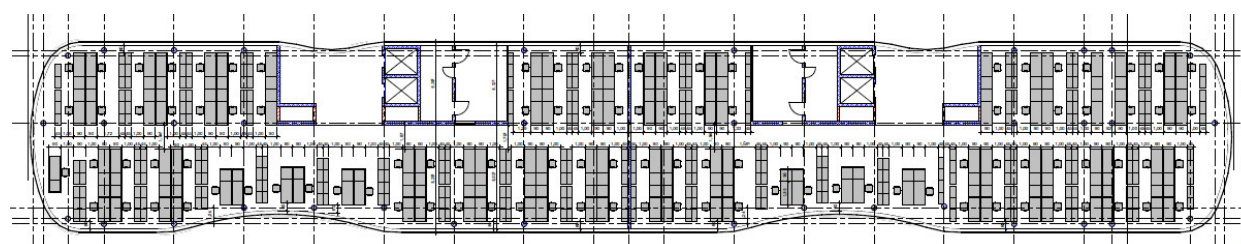
Z-Zwo, Kombi-Büros

| Praxisprojekt                          | Arbeitsplatzzahlen bei Kombi-<br>Büroaufteilung |
|--|---|
| Züblin-<br>Hauptverwaltung,<br>3.OG, A | -   |
| Z-Zwo, 5.OG                            | 64  |
| DVA, 2.OG                              | -   |

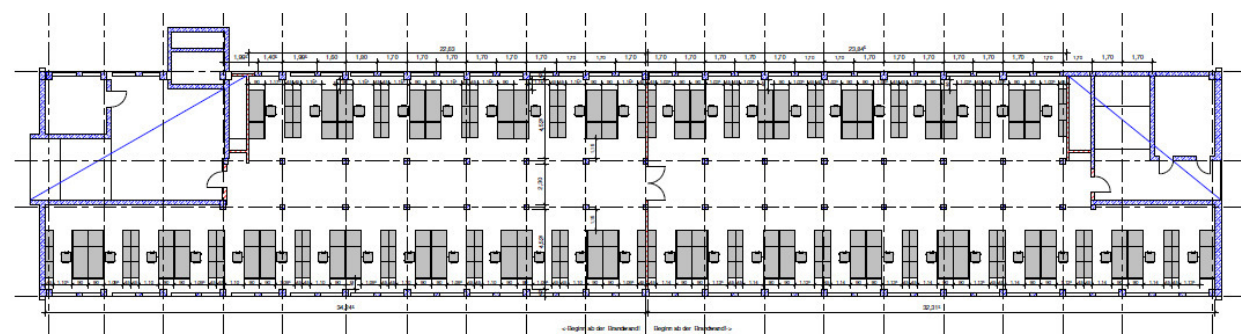
Großraumbüros



Züblin-Haus, Großraumbüro



Z-Zwo, Großraumbüro



DVA, Großraumbüro

| Praxisprojekt                          | Arbeitsplatzzahlen bei<br>Großraumbüroaufteilung |
|--|--|
| Züblin-<br>Hauptverwaltung,<br>3.OG, A | 62   |
| Z-Zwo, 5.OG                            | 105  |
| DVA, 2.OG                              | 46   |

#### **3.1.4.5 Fazit**

Die Analyse hat gezeigt, wie stark vor allem die Geometrie der Grundrisse eine flexible Nutzbarkeit der Büroflächen bestimmt. Dies steht allerdings im direkten Zusammenhang mit den verwendeten Möbeln.

Unter den hier verwendeten Parametern zeigt sich, dass vor allem das Z-Zwo ein äußerst flexibel nutzbares Bürogebäude ist. Die hohe Geschosshöhe und die weiten Stützenabstände ermöglichen die Umsetzung vielfältiger Büroraumkonzepte. In der Züblin-Hauptverwaltung und in der DVA schränken die engeren Stützenabstände die Flexibilität stark ein.

Durch die Möglichkeit viele Arbeitsplätze auf der vorhandenen Fläche unterzubringen wird das Z-Zwo vermutlich auch im Bezug auf Kennwerte, wie z.B. verbrauchte Energie pro Arbeitsplatz sehr effizient sein.

## **3.2 Bauteilkatalog**

### **3.2.1 Grundlagen**

Bauteilkataloge unterstützen die Planungs- und Ausführungsbeteiligten im Bauwesen und sind daher im heutigen Bauprozess nicht mehr wegzudenken, da sie komprimierte Informationen von vorher festgelegten Bauteilaufbauten des Gebäudes enthalten.

Typische Einsätze von Bauteilkatalogen sind u.a.:

- Nachweis nach der Energieeinsparverordnung
- Ermittlung von Ökobilanzierungen
- Zusammenführung gebäudespezifischer Architekturdetails mit bauphysikalischen Randbedingungen (Schallschutz, Wärmeschutz, Feuchteschutz)
- Richtpreiskalkulation

Sie enthalten je nach Anforderung Informationen über die Qualität der einzelnen Materialqualität, deren Schichtdicken sowie physikalischen Eigenschaften wie Lambda-Werte und Rohdichten. Weitere Angaben können die Verkehrslasten oder zusätzliche bauphysikalische Anforderungen und Eigenschaften beinhalten.

Im Forschungsvorhaben wurden für folgende Bewertungskriterien Bauteilkataloge erstellt:

- EnEV-Berechnung
- Ökobilanzierung
- Erfassungsliste Fassade

Die Erstellung von nachträglich angefertigten Bauteilkatalogen für Bestandsgebäude ist wesentlich schwieriger als für Neubauten, da dass Zusammentragen der Informationen in der Regel von Nicht-Projektbeteiligten erfolgt und diese häufig auf den Qualitäts- und Quantitätsstand der Archivunterlagen angewiesen sind. Die Möglichkeit, auf das Hintergrundwissen von Projektbeteiligten aus der Ausführungsphase zugreifen zu können ist äußerst selten.

Die nachfolgende Abbildung 3.2.1-1 zeigt mögliche Informationsquellen, die bei der nachträglichen Erstellung von Bauteilkatalogen zur Verfügung stehen können.



Abbildung 3.2.1- 1: Grundlagen und Informationsquellen für die Erstellung von Bauteilkatalogen - Bestandsgebäude

Auf Basis dieser Abbildung werden in den nachfolgenden Kapiteln die vorhandenen Grundlagen und Informationseinholungen beschrieben, die bei der Erstellung der jeweiligen Bauteilkatalogtypen tatsächlich zur Verfügung standen.

Auf Materialproben und Kernbohrungen wurde generell verzichtet, um die vorhandene Bausubstanz nicht zu beschädigen.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**



### 3.2.2 Bauteilkatalog für EnEV-Berechnung

#### 3.2.2.1 Einführung

Der Bauteilkatalog für den Wärmeschutznachweis beinhaltet sämtliche Bauteile der beheizten Gebäudehülle A laut EnEV 2007.

Der Bauteilkatalog enthält folgende Informationen:

- Materialangabe der einzelnen Schichten pro Bauteil mit Angabe der jeweiligen Schichtdicken, Rohdichten und Lambda-Wert
- U-Wert Ermittlung pro Bauteil
- Nachweis des Feuchteschutzes nach DIN 4108

#### 3.2.2.2 Züblin-Haus

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zum Wärmeschutznachweis dargestellt:

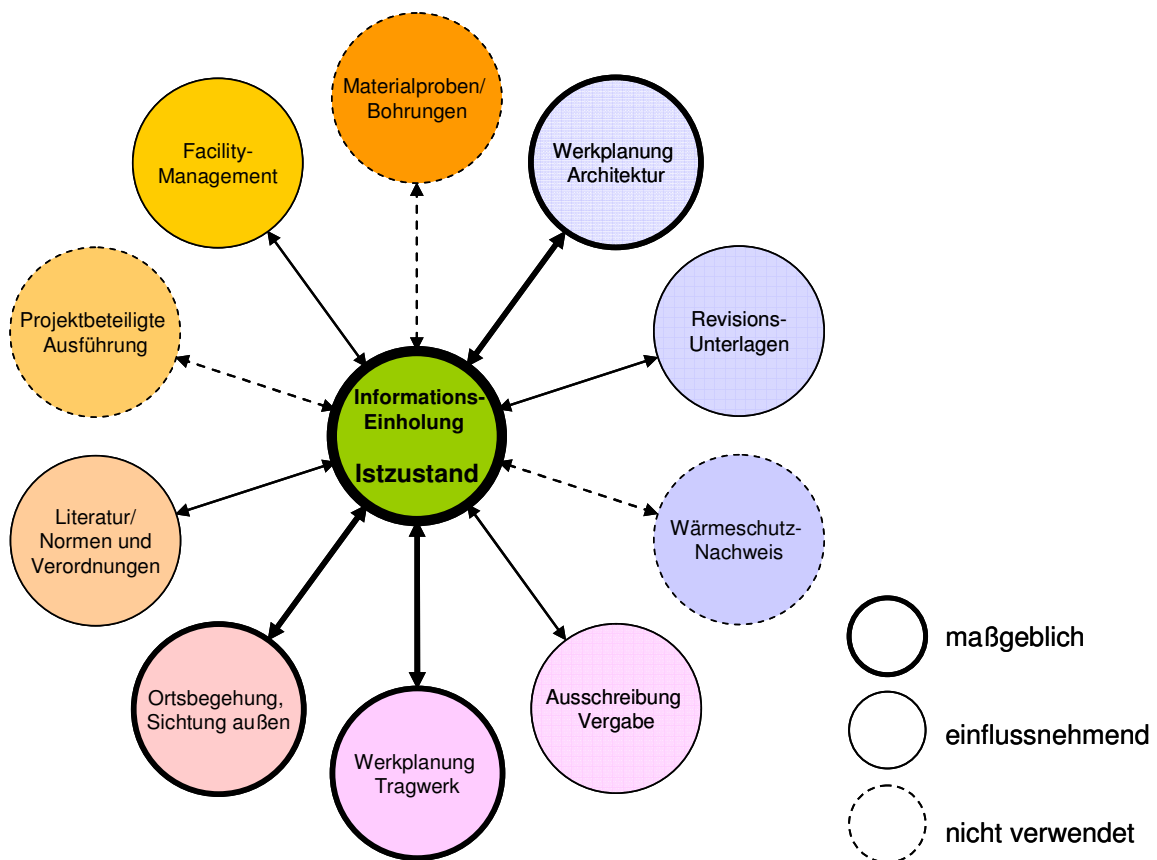


Abbildung 3.2.2.2- 2: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Wärmeschutznachweis Züblinhaus

Da der alte Wärmeschutznachweis nicht mehr auffindbar war, sind die Bauteile noch einmal neu aufgenommen worden. Mit einer Gebäudebegehung wurden die Arten von Außenbauteilen definiert. Parallel fand eine Archivsuche nach alten Plänen statt, die besondere Schwierigkeit waren die verschiedenen undokumentierten Planstände im Archiv und Handskizzen.

Zu den Fenstern und Türen waren keine Angaben zu finden; jedoch nach Forderung für die Fenster  $k \leq 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; die restlichen bauphysikalischen Werte wurden aus der „Bekanntmachung der Regeln zur Datenaufnahme und Datenverwendung im Nichtwohngebäudebestand“ und der DIN V 18599-2 für baujahrstypische Fenster genommen. Die Türen wurden einheitlich auf  $3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  gesetzt. Dämmstoffe wurden gleichförmig auf WLG 040 eingestuft.

### 3.2.2.3 Z-zwo

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zum Wärmeschutznachweis dargestellt:

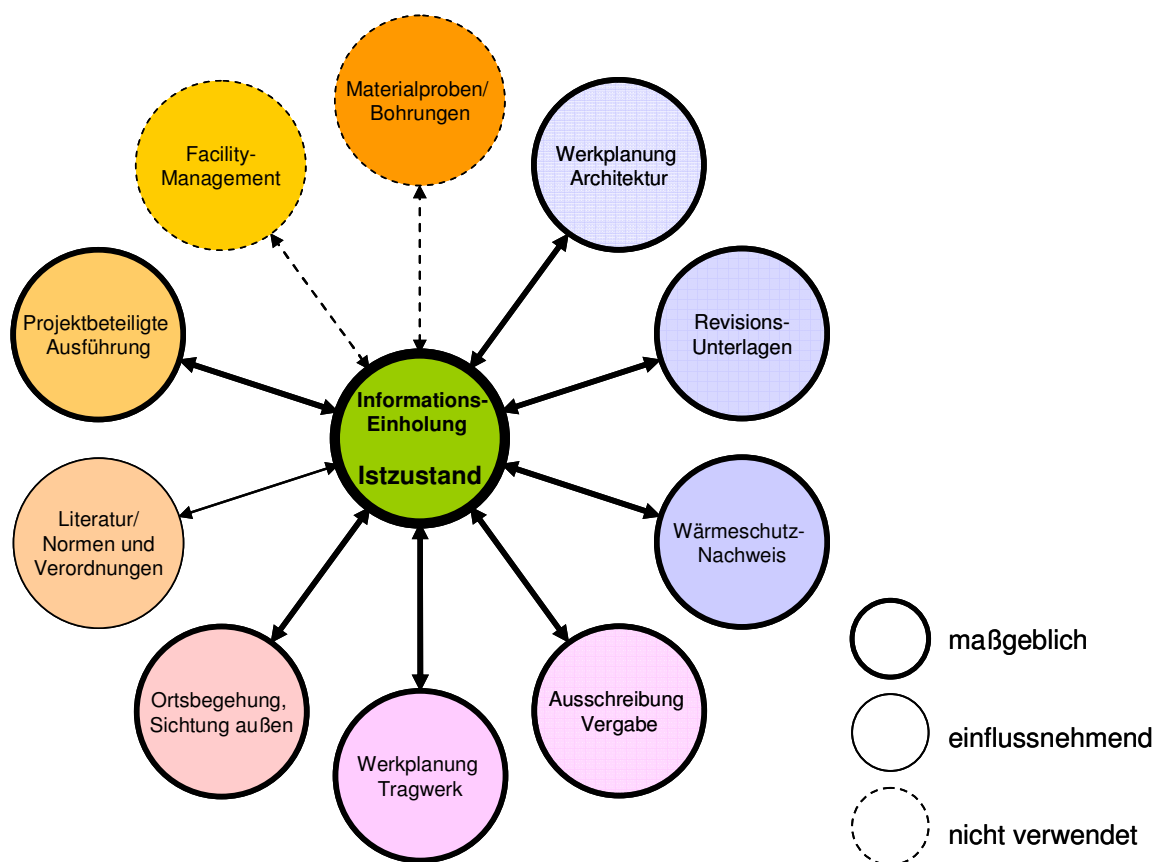


Abbildung 3.2.2.3- 3: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Wärmeschutznachweis Z-Zwo

Das Z-Zwo ist das Jüngste der untersuchten Gebäude (Bj. 2002). Da der komplette Bauablauf hausintern durchgeführt wurde, sind sämtliche Unterlagen erhältlich, auch digital.

Sämtliche projektbeteiligte Personen stehen für Auskünfte zur Verfügung.

Der Bauteilkatalog des Wärmeschutznachweises zur Baugenehmigung ist vorhanden und wurde ohne große Veränderungen übernommen.

### 3.2.2.4 DVA

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zum Wärmeschutznachweis dargestellt:

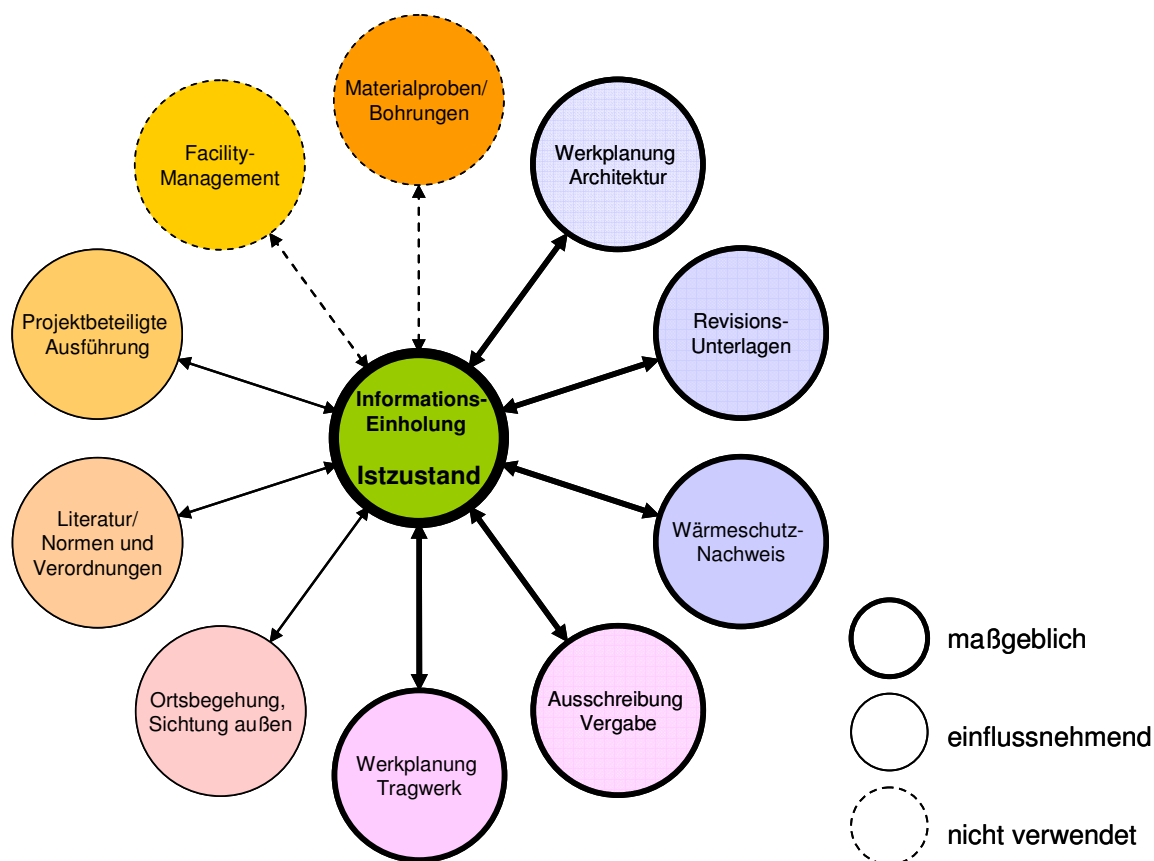


Abbildung 3.2.2.4- 4: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Wärmeschutznachweis Registergericht Stuttgart (ehm. DVA)

Das Gebäude des Registergerichts der Stadt Stuttgart (ehm. DVA) wurde bereits im Jahr 1957 erbaut und erfuhr 2005-2006 eine umfassende Revitalisierung. In diesem Zuge ist nach dem damaligen Bauteil-Nachweisverfahren für die geänderten Außenbauteile ein Bauteilkatalog erstellt worden. Dieser wurde als wesentliche Grundlage herangezogen. Für weitere, nicht erfasste Bauteile, sind die Bestandspläne der Revisionsunterlagen sowie die Werkpläne die Basis gewesen.

Das Gebäude hat baujahrtypisch eine Lochfassade, die mit einem WDVS verkleidet wurde. In den Untergeschossen befindet sich das Aktenlager, das sich teilweise über zwei Stockwerke erstreckt und konditioniert wird. Die Bürotrakte erhielten in Teilen ebenfalls eine Konditionierung, die über ein neu konstruiertes Technikgeschoss auf Dach betrieben wird.

### **3.2.3 Bauteilkatalog für Ökobilanzierung**

#### **3.2.3.1 Einführung**

Der Bauteilkatalog für die Ökobilanzierung baut auf dem Bauteilkatalog für den Wärmeschutznachweis auf. Sämtliche andere Bauteile im Innenbereich, unbeheizter Nebenräume, Bodenplatten und Zwischendecks von Tiefgaragen uvm. werden hier noch mit aufgenommen. Kleinflächen werden Übermessen und in Art des Aufbaus zu einer verwandten Hauptfläche zugeschlagen, um die Erfassung von > 99% der Flächen zu gewährleisten.

Ziel ist es, die Hauptmenge des gesamten Baukörpers mit einer begrenzten Anzahl von Bauteilen zu erfassen, um mit den einzelnen Baustoffmaterialien und deren Rohdichten die Baustoffmassen zu ermitteln. Dies bildet die Grundlage der Ökobilanzierung.

Der Aufbau ist viel detaillierter als der Bauteilkatalog für den Nachweis der Energieeinsparverordnung. Während im Aufbau eines z.B. Flachdaches für den Wärmeschutznachweis nur die Dämmschicht und die Betondecke interessant ist, so wird bei der Ökobilanzierung von der Kiesauflast über Art und Beschaffenheit der Bitumenfolie bis zur Unterkonstruktion der abgehängten Decke detailliert jeder Baustoff abgebildet.

Bauteilkatalog enthält u.a. folgende Informationen:

- Schichtaufbau, Dicke und Rohdichte
- Bewehrungsanteil
- Unterkonstruktionen
- Klebstoffe, Abdichtungen und Verfugungen
- Pigmente und Farbschichten
- ggf. Angabe des Baustoffherstellers (falls herstellerpezifische Datensätze verfügbar)
- Stahlbau in kg

#### **3.2.3.2 Züblin-Haus**

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zur Ökobilanzierung dargestellt:

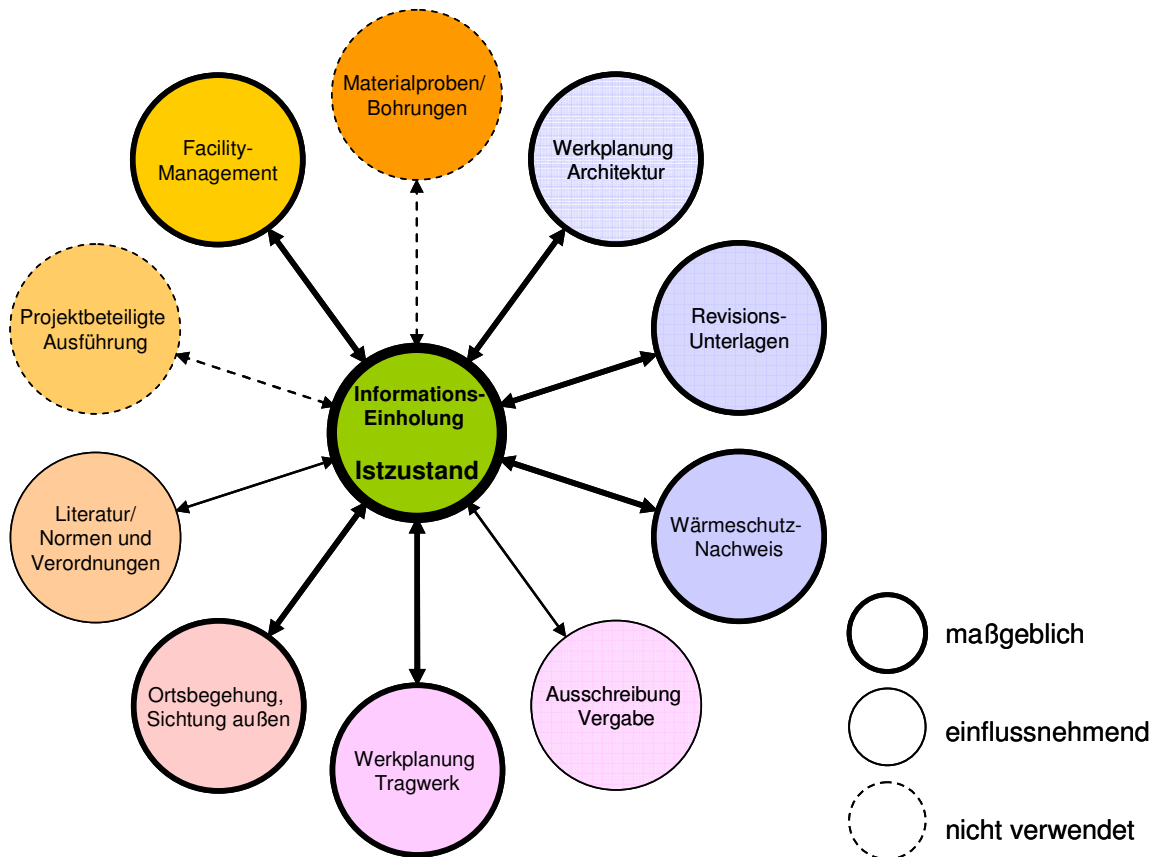


Abbildung 3.2.3.2- 5: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Ökobilanzierung Züblinhaus

Das Züblinhaus hat die Besonderheit von rot pigmentierten Beton-Fertigteilen, deren Farbanteile über das Zementvolumen definiert sind. Der Innenausbau besteht mit Ausnahme der Brandwände fast ausschließlich aus Trockenbau. Sämtliche Estriche in den aufgehenden Geschossen sind Verbundestriche.

### 3.2.3.3 Z-Zwo

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zur Ökobilanzierung dargestellt:

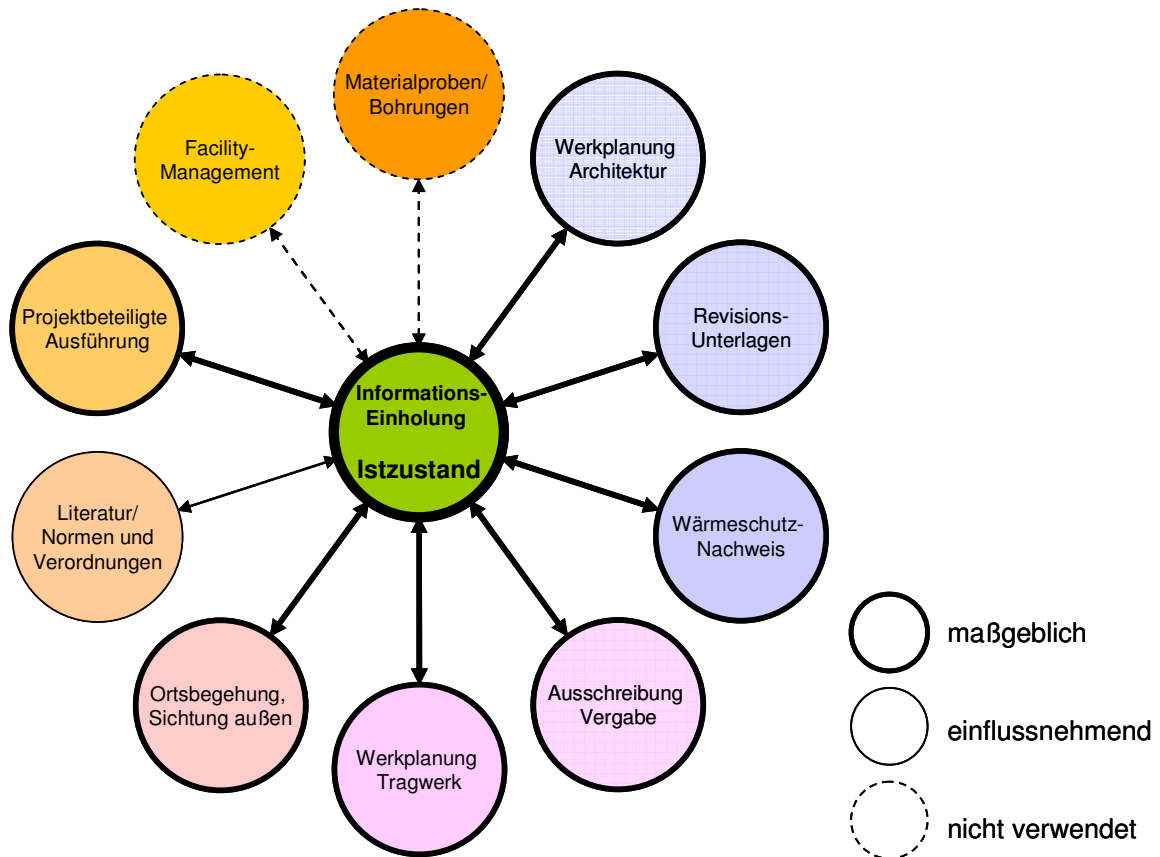


Abbildung 3.2.3.3- 6: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Ökobilanzierung Z-Zwo

Das Z-Zwo ist ein reines Bürogebäude mit Tiefgarage. Es besitzt eine Aluminium-Fassade und hat einen hohen Fensterflächenanteil. Es entspricht mit seinen Hohlraumböden und Systemtrennwänden einem modernen Bürogebäude ohne besondere verwendete Baumaterialien.

### 3.2.3.4 DVA

Im nachfolgenden Schema sind die jeweiligen gebäudespezifischen Grundlagen zur Erstellung für den Bauteilkatalog zur Ökobilanzierung dargestellt:



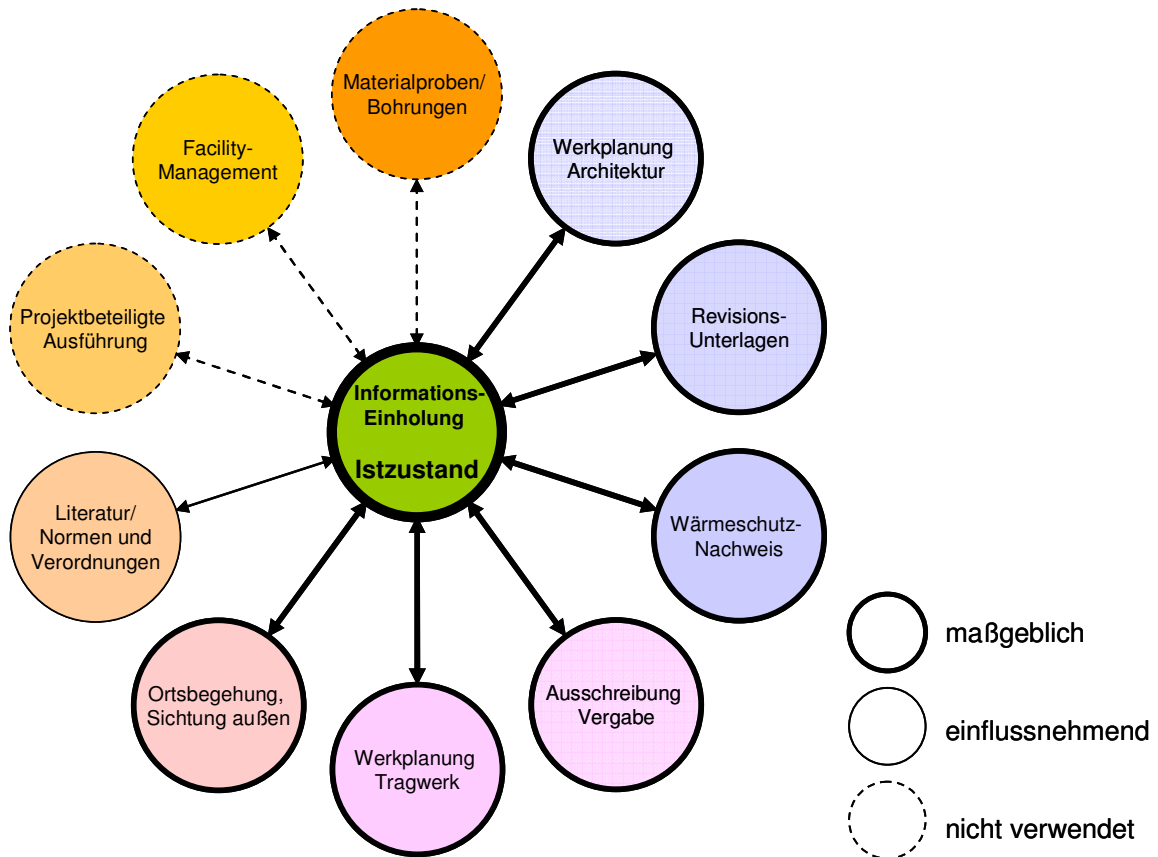


Abbildung 3.2.3.4- 7: Herkunft der Informationen Bauteilkatalog Ökobilanzierung Registergericht Stuttgart (ehm. DVA)

Das Gebäude des Registergerichtes ist ein Bürogebäude im Stil der 1950er Jahre ohne Tiefgarage. Im Zuge der Sanierung wurde entkernt und auf den alten Rohbau neu aufgebaut. Bereits erwähnt wurde das neue Technikgeschoss auf dem Dach. Die Aufteilung der Innenräume geschieht über Gipskartonständerwände System Knauf. Schwierigkeiten brachte die Analyse der damaligen verwendeten Mauersteine und Beton-Druckfestigkeitsklassen sowie der Bewehrungsgrad. Alle weiteren verwendeten Baumaterialien entsprechen dem aktuellen Standard.

### 3.3 Energetischer Status – Betriebsdaten Verbräuche (IST)

#### 3.3.1 Züblin-Haus

##### 3.3.1.1 Energieverbrauchserfassung

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist einen nachhaltigkeitsorientierten Baustandard für die Zukunft zu entwickeln. Um jedoch den heutigen Stand festzuhalten, müssen zunächst einmal belastbare Messungen und Untersuchungen angestellt werden. Es ist zunächst erforderlich die Gebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauchs zu untersuchen, um später geeignete Sanierungskonzepte zu entwickeln. Für die Untersuchung werden die Verbrauchsabrechnungen des jeweiligen Energieversorgers herangezogen. Für die Züblin Hauptverwaltung wurden die Daten innerhalb der Bachelor Thesis von Herrn Olaf Thies bei Züblin zusammengefasst. Die Ergebnisse umfassen den Zeitraum der Jahre 2002 – 2007. Da das Jahr 2002 nicht vollständig erfasst ist, fällt es aus den folgenden Betrachtungen heraus.

| ZH                       | 2007      | 2006      | 2005      | 2004      | 2003      |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Heizung (Gas) [kWh]      | 2.022.939 | 2.118.737 | 2.089.448 | 2.426.639 | 2.081.062 |
| Strom [kWh]              | 1.804.049 | 1.816.173 | 1.550.558 | 1.341.736 | 1.296.922 |
| Wasser [m <sup>3</sup> ] | 8.111     | 8.731     | 8.165     | 8.873     | 9.148     |

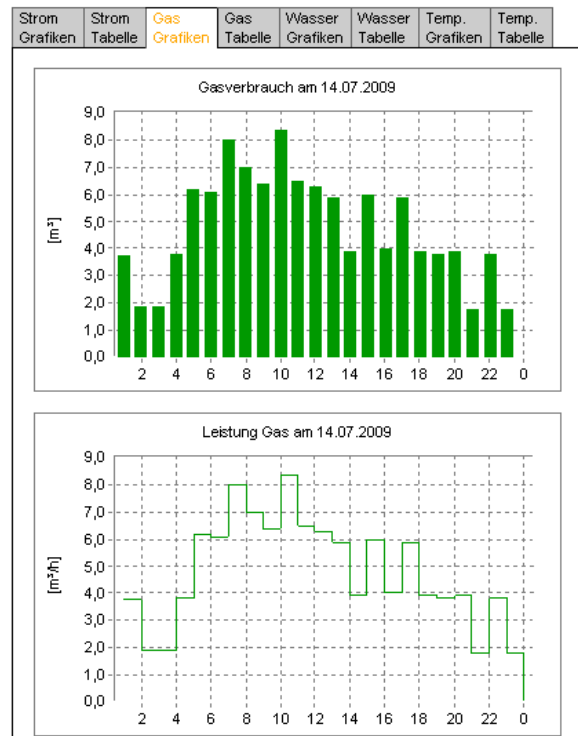
*Tabelle 3.3.1.1- 1 Zusammenfassung des jährlichen Energie- und Wasserverbrauchs*

Mit diesem System kann über das Intranet der aktuelle Verbrauch und verschiedene Statistiken zu diesem dargestellt werden. Der Vorteil eines solchen Systems ist die Aktualität, da auf eine nicht erwartete Verlaufsänderung zeitnah reagiert werden kann.

Onlinedaten  
Deutschland  
Möhringen

Züblin AG - Möhringen

Auswahl: Tagesübersicht Dienstag, 14.7.2009



Datenerfassung: seit 22.09.2006

Abbildung 3.3.1.1- 1 Gasverbrauch Tagesgang

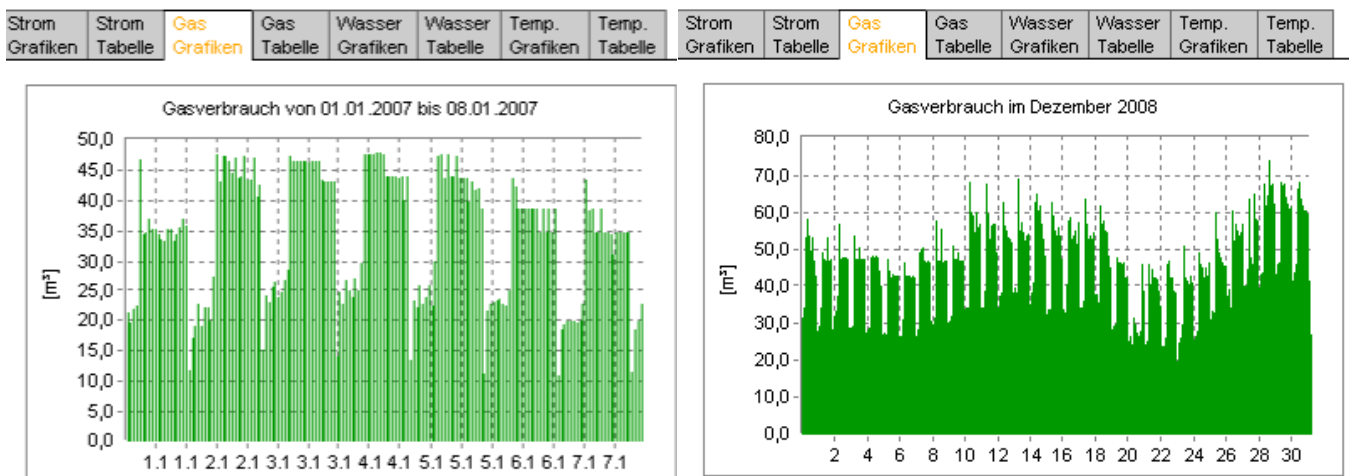


Abbildung 3.3.1.1- 2 Gasverbrauch Wochenverlauf

Abbildung 3.3.1.1- 3 Gasverbrauch Monatsverlauf

### 3.3.1.2 Gradtagszahl-Korrektur

Die erfassten Verbrauchsdaten sind für eine Analyse nur bedingt tauglich. Um mit den ermittelten Daten rechnen zu können, wird der durchschnittliche Jahresverbrauch gebildet. Das einfache Vorgehen, wie die Verbrauchswerte zu addieren und den Mittelwert zu bilden, ist jedoch für einen Vergleich nicht aussagefähig, da jedes Jahr seine eigenen Witterungsbedingungen hat. Um nun vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wird eine Korrektur über die Gradtagszahl angewandt, mit diesem Vorgehen lassen sich nicht nur die Verbrauchswerte unterschiedlicher Jahre, sondern auch unterschiedlicher Standorte vergleichen. Auf diese Weise kann man unterschiedliche Heiztechnologien im selben Gebäude vergleichen. Wie aus dem Namen zu entnehmen ist, finden dabei die Gradtagszahlen ihre Anwendung, diese sind in der VDI 2067 enthalten. Die Gradtagszahl eines Tages bezeichnet die Differenz zwischen der Norm-Innentemperatur (20 °C) und der mittleren Außentemperatur.

$$GTZ_{Tag} = v_i - v_{a,m}$$

Die Gradtagszahlen werden für jeden einzelnen Tag des Jahres auf diese Weise berechnet. Da davon ausgegangen wird, dass erst ab einer mittleren Außentemperatur von weniger als 15 °C geheizt werden muss, werden diese Tage addiert, d.h. man bildet die Summe aller Heiztage eines Jahres.

$$GTZ_{Jahr} = \sum (GTZ_{Tag} < 15^\circ C)$$

Die so erhaltene Gradtagszahl beschreibt die Heizperiode des entsprechenden Jahres und Ortes. Je höher die Gradtagszahl ist desto höher ist der Bedarf an Heizenergie – die Witterungsbedingungen sind ungünstiger. Für die Bildung einer Durchschnittsheizperiode werden die Gradtagszahlen der Jahre im betrachteten Zeitraum addiert und anschließend der Mittelwert gebildet. Für diese Untersuchung werden die Daten des Deutschen Wetterdienstes, der Wetterstation am Flughafen in Stuttgart-Echterdingen, herangezogen. Für den Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2007 ergibt sich eine durchschnittliche Gradtagszahl von 3.521. Anhand dieses Wertes wird der Energieverbrauch eines einzelnen Jahres auf das Durchschnittsjahr angepasst, indem der Verbrauch mit der jeweiligen Gradtagszahl ins Verhältnis gesetzt wird. Der Durchschnittsverbrauch ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\frac{\text{Energieverbrauch}_{\text{Betrachtungsjahr}}}{GTZ_{\text{Betrachtungsjahr}}} = \frac{\text{Energieverbrauch}_{\text{Durchschnitt}}}{GTZ_{\text{langjährigesMittel}}}$$

$$\Rightarrow \text{Energieverbrauch}_{\text{Durchschnitt}} = \text{Energieverbrauch}_{\text{Betrachtungsjahr}} \cdot \frac{GTZ_{\text{langjährigesMittel}}}{GTZ_{\text{Betrachtungsjahr}}}$$

Für das Züblinhaus ergeben sich die nachstehenden witterungskorrigierten Energieverbrauchswerte:

Durchschnittliche Gradtagszahl von 2000 bis 2007 = 3.521

| Züblin-Hauptverwaltung                 | 2007      | 2006      | 2005      | 2004      | 2003      |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Verbrauch Gas, Hu [kWh]                | 2.022.939 | 2.118.737 | 2.089.448 | 2.426.639 | 2.081.062 |
| Gradtagszahl                           | 3303      | 3558      | 3696      | 3653      | 3593      |
| Witterungskorrigierter Verbrauch [kWh] | 2.156.301 | 2.096.555 | 1.990.374 | 2.338.787 | 2.039.215 |

Tabelle 3.3.1.2- 2 Zusammenfassung des witterungskorrigierten, jährlichen Energieverbrauchs

### 3.3.1.3 Betriebskostenerfassung

Die Betriebskosten bezogen auf den Energieverbrauch sind genauso wie der Energieverbrauch selbst aus den Abrechnungen der Energieversorger entnommen. Bevor jedoch mit den Zahlen weiter gearbeitet werden kann, müssen die Kosten für die Heizenergie zunächst auf die witterungskorrigierten Energieverbräuche angepasst werden. Dies geschieht, indem die Kosten ins Verhältnis zum Verbrauch gesetzt werden:

$$\frac{\text{Kosten}_{\text{tatsächlich}}}{\text{Verbrauch}_{\text{tatsächlich}}} = \frac{\text{Kosten}_{\text{korrigiert}}}{\text{Verbrauch}_{\text{korrigiert}}}$$

$$\Rightarrow \text{Kosten}_{\text{korrigiert}} = \text{Kosten}_{\text{tatsächlich}} \cdot \frac{\text{Verbrauch}_{\text{korrigiert}}}{\text{Verbrauch}_{\text{tatsächlich}}}$$

Daraus ergeben sich die witterungskorrigierten Kosten:

| ZH                                 | 2007      | 2006      | 2005      | 2004      | 2003      |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Heizung (Gas)                      | 110.764 € | 113.338 € | 90.914 €  | 84.938 €  | 76.839 €  |
| Heizung (Gas) witterungskorrigiert | 118.066 € | 112.151 € | 86.603 €  | 81.863 €  | 75.294 €  |
| Strom [kWh]                        | 196.976 € | 187.364 € | 147.002 € | 128.001 € | 116.495 € |
| Wasser [m³]                        | 19.018 €  | 19.058 €  | 17.823 €  | 25.817 €  | 20.593 €  |

Tabelle 3.3.1.3- 3 Zusammenfassung der Energie- und Wasserkosten

### 3.3.1.4 Inflationsbereinigung

Bevor man dazu übergeht, die Jahresmittelwerte aus den Kosten zu berechnen, muss beachtet werden, dass die Preise für Energie, so wie für andere Güter, von Jahr zu Jahr unterschiedlich sind.

Anders als beim Energieverbrauch, bei welchem man den Durchschnittsverbrauch über eine Referenzheizperiode erhält, gilt es die Kosten auf den aktuellen Wert des Geldes anzupassen. Um angeben zu können, wie viel man heute für die verbrauchte Energie aus den vorhergehenden Jahren bezahlen müsste, muss man den Grad der Entwertung des Geldes aus dem betroffenen Zeitraum bestimmen. Dazu wird aus dem so genannten *Barwert* eines jeden einzelnen Jahres, - also der Betrag der an dessen Ende für den Energieverbrauch zu entrichten war - der *Endwert* über einen festgelegten Zinssatz berechnet. Der entsprechende Zinssatz, oder der Grad der Entwertung, kommt in diesem Fall vom Statistischen Bundesamt in *Lange Reihen*, das die Inflationsrate aus der Zeitspanne von 1951 bis 2007 wiedergegeben hat.

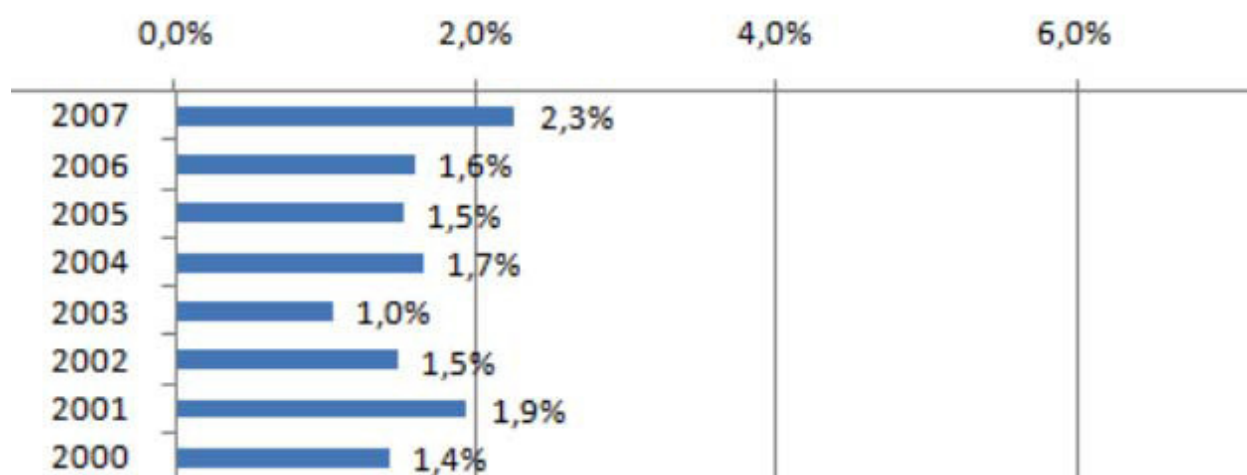


Abbildung 3.3.1.4- 4 Ausschnitt der jährlichen Inflationsrate

[Quelle: Statistisches Bundesamt, Lange Reihen]

Mit dieser Formel wird der Endwert für jedes Jahr berechnet:

$$K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$K_n$  ... Endwert

$K_0$  ... Barwert (Startwert)

$p$  ..... Zinssatz in %

$n$  ..... Laufzeit in Jahren



Als Zinssatz wird der Mittelwert der jährlichen Inflationsrate vom betrachteten Jahr ab, bis hin zum aktuellen Zeitpunkt genommen. Da hier mit der gleichen Formel gearbeitet wird, mit der man auch die Zinseszinsen einer Geldanlage berechnet, erhält man den exakt gleichen Wert, als würde man mit jeder einzelnen Inflationsrate von Jahr zu Jahr rechnen. Aus diesen Daten berechnen sich die Kosten bezogen auf den aktuellen Geldwert.

Kosten für Heizenergie:

**ZH**

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$    |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|------------------|
| 2003       | 75.294 €      | 4              | 1,775                              | <b>80.784 €</b>  |
| 2004       | 81.863 €      | 3              | 1,800                              | <b>86.364 €</b>  |
| 2005       | 86.603 €      | 2              | 1,950                              | <b>90.014 €</b>  |
| 2006       | 112.151 €     | 1              | 2,300                              | <b>114.730 €</b> |
| 2007       | 118.066 €     | 0              | 0,000                              | <b>118.066 €</b> |

*Tabelle 3.3.1.4- 4 Heizenergiekosten, witterungskorregiert, inflationsangepasst*

Kosten für Strom:

**ZH**

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$    |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|------------------|
| 2003       | 116.495 €     | 4              | 1,775                              | <b>124.988 €</b> |
| 2004       | 128.001 €     | 3              | 1,800                              | <b>135.038 €</b> |
| 2005       | 147.002 €     | 2              | 1,950                              | <b>152.791 €</b> |
| 2006       | 187.364 €     | 1              | 2,300                              | <b>191.673 €</b> |
| 2007       | 196.976 €     | 0              | 0,000                              | <b>196.976 €</b> |

*Tabelle 3.3.1.4- 5 Stromkosten, inflationsangepasst*

Kosten für Wasser:

ZH

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$   |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
| 2003       | 20.593 €      | 4              | 1,775                              | <b>22.095 €</b> |
| 2004       | 25.817 €      | 3              | 1,800                              | <b>27.237 €</b> |
| 2005       | 17.823 €      | 2              | 1,950                              | <b>18.524 €</b> |
| 2006       | 19.058 €      | 1              | 2,300                              | <b>19.497 €</b> |
| 2007       | 19.018 €      | 0              | 0,000                              | <b>19.018 €</b> |

*Tabelle 3.3.1.4- 6 Wasserkosten, inflationsangepasst*

Da die Abrechnungen zum Jahresende hin erfolgen, wird das zu berechnende Jahr nicht bei der Zeitspanne  $n$  mitgezählt. Dies gilt auch für die Inflationsrate  $p$ .

### 3.3.1.5 Kennwertbildung als Vergleichsbasis

Es ist nun der Energieverbrauch und es sind die Energiekosten der Hauptverwaltung unter Berücksichtigung der Witterungsunterschiede und der Inflation bereinigt worden. Allerdings lassen sich die Daten nicht ohne weiteres mit anderen Gebäuden vergleichen. Um nun also so genannte Benchmarks zu erhalten, bildet man die Jahresmittelwerte aus den bereinigten Daten und teilt diese durch die Fläche (gem. EnEV) des Gebäudes. Auch wenn die Gebäude unterschiedliche technische Gebäudeausrüstungen aufweisen und man nie von gleichem Nutzerverhalten, selbst bei gleicher Nutzung, ausgehen kann, erhält man durch diese Werte eine gemeinsame Basis, mit denen man durchaus Vergleiche anstellen kann.

$$\text{Benchmark} \left[ \frac{kWh}{m^2 a} \right] = \frac{\sum \frac{kWh}{a}}{\text{Anzahl\_Jahre}} \cdot \frac{1}{\text{Fläche}[m^2]}$$

| ZH      | Durchschnittswerte pro Jahr |              |
|---------|-----------------------------|--------------|
|         | Verbrauch                   | Kosten       |
| Heizung | 2.124.246 kWh               | 97.991,74 €  |
| Strom   | 1.561.888 kWh               | 160.293,34 € |
| Wasser  | 8.606 m <sup>3</sup>        | 21.274,16 €  |

| ZH      | Benchmark [kWh/m <sup>2</sup> a] | } 212,12 kWh / m <sup>2</sup> a |
|---------|----------------------------------|---------------------------------|
|         | NGF = 17.378 m <sup>2</sup>      |                                 |
| Heizung | 122,24                           |                                 |
| Strom   | 89,88                            |                                 |
| Wasser  | 0,50                             |                                 |

| ZH      | Benchmark [€/m <sup>2</sup> a] | } 14,86 € / m <sup>2</sup> a |
|---------|--------------------------------|------------------------------|
|         | NGF = 17.378 m <sup>2</sup>    |                              |
| Heizung | 5,64                           |                              |
| Strom   | 9,22                           |                              |
| Wasser  | 1,22                           |                              |

Tabelle 3.3.1.5- 7 Benchmarks Züblinhaus

### 3.3.1.6 Aufschlüsseln des Energieflusses

Der durchschnittliche Energieverbrauch für des gesamten Gebäudes ist nun erfasst und aufbereitet. Der nächste Schritt ist es, herauszufinden, wie sich die Energie im jeweiligen Gebäude verteilt. Die erste Untersuchung ist, welche Verbraucher im Gebäude vorhanden sind, und auf welche Weise man den Verbrauch herausfinden kann. Anhand folgender Fragen wird das Gebäude analysiert:

1. Welche Verbraucher können aus den Abrechnungen aufgenommen werden?
2. Welche Verbraucher müssen berechnet werden?
3. Welche Verbraucher müssen durch eigene Messungen erfasst werden?

1. Direkt übernehmen kann man nur die Energie in Form von Gas, die abgesehen von einem Teil für die Brauchwassererwärmung, für das Beheizen des Gebäudes verwendet wird. Die Brauchwassererwärmung wird in vernachlässigbaren Mengen für die sanitären Einrichtungen benötigt, der Hauptteil wird von der Küche im 1. UG beansprucht. Da weder Messeinrichtungen noch Abrechnungen vorhanden sind, mit deren Hilfe man im Stande wäre, die dafür nötige Energiemenge zu ermitteln, wird die gesamte Energie als Heizenergie angesehen.

**Heizenergie = 122,24 kWh/m<sup>2</sup>a**

2. Berechnet werden kann die elektrische Leistung aller Verbraucher der Raumluft- und Kältetechnik. Die einzelnen Leistungsdaten sind direkt den Anlagen entnommen. Für einige Abluftventilatoren konnten keine Leistungsmerkmale festgestellt werden. Daher wurde deren Leistung über den maximalen Volumenstrom mit Hilfe eines Rohrnetzrechners für Rohrkanäle bestimmt. Um die jährliche Laufzeit der Anlagen herauszubekommen, wird hier Bezug auf die DIN V 18599 – 10 genommen, in der die Jahresnutzungsstunden für unterschiedliche Zonen, wie Büros, Besprechungsräume u. a., zu finden sind. Die elektrische Leistung einer Anlage wird mit den Jahresnutzungsstunden der Zone, die sie versorgt, multipliziert und durch die Fläche (gem EnEV) des Gebäudes geteilt. Für Zu- und Abluftanlagen werden beide Leistungen addiert.

$$W_{ges} \left[ \frac{kWh}{m^2 a} \right] = \frac{P_{el} [kW] \cdot t_{Nutz} \left[ \frac{h}{a} \right]}{A_{ges} [m^2]}$$

Die RLT-Anlagen sind nicht geregelt, d.h. sie laufen auf Volllast.

| Standort     | versorgt                     | Zuluft |                   | Abluft |                   | DIN V 18599-10 |                        | W <sub>ges</sub><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |
|--------------|------------------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|----------------|------------------------|--|
|              |                              | [kW]   | m <sup>3</sup> /h | [kW]   | m <sup>3</sup> /h | Zone           | Nutzungs-<br>stunden/a |  |
| A-Block, TG  | A-Block, OG 6                | 2,2    | 6.600             | 3,0    | 6.600             | Einzelbüro     | 2.750                  | <b>0,823</b>                               |
|              | A-Block, OG 6<br>Besprechung | 0,25   | 1.200             | 0,67   | 1.200             | Besprechung    | 2.750                  | <b>0,146</b>                               |
|              | WC-Kern 1                    |        |                   | 1,40   | 3.820             | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,222</b>                               |
|              | WC-Kern 3                    |        |                   | 0,34   | 870               | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,054</b>                               |
|              | WC-Kern 5                    |        |                   | 1,20   | 3.150             | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,190</b>                               |
| B-Block, TG  | B-Block, OG 6                | 2,2    | 6.200             | 2,20   | 6.200             | Einzelbüro     | 2.750                  | <b>0,696</b>                               |
|              | WC-Kern 2                    |        |                   | 1,10   | 2.940             | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,174</b>                               |
|              | WC-Kern 4                    |        |                   | 0,45   | 1.180             | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,071</b>                               |
|              | WC-Kern 6                    |        |                   | 1,10   | 2.990             | WC/Sanitär     | 2.750                  | <b>0,174</b>                               |
| UG 2, U243   | Lichtpauserei                | 3,8    | 5.600             | 2,2    | 5.600             | Großraumbüro   | 2.750                  | <b>0,949</b>                               |
| UG 2, U236   | Küche                        | 3,8    | 7.500             | 3,0    | 4.500             | Küche NWG      | 3.900                  | <b>1,526</b>                               |
|              | Kantine                      | 11,0   | 14.500            | 5,5    | 14.500            | Kantine        | 1.750                  | <b>1,662</b>                               |
| UG 2, U234   | Tiefgarage                   |        |                   | 2x 5,8 |                   | Parkhaus, Büro | 2.750                  | <b>1,836</b>                               |
| UG 2, U208   | Besprechung<br>B015          | 4,4    | 6.000             | 1,3    | 6.000             | Hörsaal        | 1.500                  | <b>0,492</b>                               |
| <b>Summe</b> |                              |        |                   |        |                   |                |                        | <b>9,02</b>                                |

Tabelle 3.3.1.6- 8 Jahresleistung der RLT-Anlagen, Züblin Hauptverwaltung

**Elektrische Leistung RLT-Anlagen = 9,02 kWh/m<sup>2</sup>a**

Der elektrische Leistungsverbrauch der Kälteerzeuger wird auf die gleiche Weise ermittelt. Im Gegensatz zu den RLT-Anlagen, bei denen die gesamten Jahresnutzungsstunden zum Berechnen der Leistung verwendet werden, kommen bei den Kältemaschinen nur die Tagesnutzungsstunden zum Tragen. Nur die Dauerläufer, die Tag und Nacht laufen, wie etwa die Kälteanlagen für die Serverraumkühlung, werden mit den gesamten Jahresstunden (8.760 h) berechnet. Diese Werte sind vereinfachte Annahmen, da die Kälteanlagen im Taktbetrieb laufen und das Betriebsprofil im Rahmen von REG nicht aufgezeichnet wurde.

Tabelle 3.3.1.6- 9 Jahresleistung der Kältemaschinen, Züblin Hauptverwaltung

| Standort      | versorgt                           | Kompressor [kW] | Ventilator [kW] | allg. [kW] | Wges [kWh/m <sup>2</sup> a] |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------|-----------------------------|
| A-Block, TG   | A-Block, OG 6 **<br>Büros          | 2x 5,15         | 2x 2,9          |            | <b>2,356</b>                |
| B-Block, TG   | B-Block, OG 6 **<br>Büros          | 2x 5,15         | 2x 2,9          |            | <b>2,356</b>                |
| A-Block, EG   | B-Block,<br>Rechenzentrum<br>Innen |                 |                 | 0,052      | <b>0,026</b>                |
| A-Block, UG 1 | A-Block,<br>USV außen              |                 |                 | 2,13       | <b>1,074</b>                |
|               | A-Block,<br>USV innen              |                 |                 | 0,049      | <b>0,025</b>                |
|               | A-Block,<br>Rechenzentrum<br>außen |                 |                 | 2x 9,0     | <b>9,074</b>                |
|               | A-Block,<br>Rechenzentrum<br>innen |                 |                 | 10x 0,049  | <b>0,247</b>                |
| B-Block, UG 1 | Betonlabor, **<br>Werkstatt        |                 |                 | 10,0       | <b>1,261</b>                |
| UG 2, U254    | Kühlraum für Küche                 |                 |                 | 7x 1,5     | <b>5,293</b>                |
| UG 2, U254    | Küche *                            | 2x 5,15         | 2x 2,9          |            | <b>1,806</b>                |
| UG 2, U236    | Kantine *                          | 2x 5,15         | 2x 2,9          |            | <b>0,811</b>                |
| UG 2, U208    | B-Block,<br>Rechenzentrum<br>außen |                 |                 | 2,5        | <b>1,260</b>                |
|               | Weinkeller                         |                 |                 | 1,5        | <b>0,756</b>                |
|               | Besprechung B015 **                | 2x 5,15         | 2x 2,9          |            | <b>0,999</b>                |
| Summe         |                                    |                 |                 |            | <b>27,34</b>                |

... Dauerläufer

\* ... Jahresnutzungsstunden nach DIN V 18599-10

\*\* ... Jahresnutzungsstunden nach DIN V 18599-10, nur Tagesnutzung

Tabelle 3.3.1.6- 10 Jahresleistung der Kältemaschinen, Züblin Hauptverwaltung

**Elektrische Leistung Kältemaschinen = 27,34 kWh/m<sup>2</sup>a**

3. Um den Energiefluss so genau wie möglich aufzuteilen, werden Strommessungen durchgeführt. Da die Messungen nur unter laufendem Betrieb durchgeführt werden können, ist der nachträgliche Einbau eines Zählers nicht möglich. Für die Messungen wurde daher ein



Messgerät, welches mit induktiven Stromzangen funktioniert eingesetzt. Das Gerät besitzt insgesamt drei Stromzangen, die jeweils um eine Phase geschlossen werden. Es ist möglich, mehrere Arten von Stromnetzen zu messen. In unserem Fall werden drei Phasen/vier Leiter gemessen. Zusätzlich zu den Zangen werden noch 4 Krokodilklemmen benötigt, die direkt an jeden Leiter geklemmt werden müssen, und eine für die Erdung.



Abbildung 3.3.1.6- 5 Strom-Messgerät PCE-830, PCE Group

Als große Stromverbraucher fallen die Aufzüge auf, von denen es insgesamt sechs Stück im Züblin-Haus gibt. Vier davon haben eine elektrische Leistungsaufnahme von 11 kW. Zu diesen Aufzügen gehören der Aufzug im Süd-Teil des B-Blocks, der zur Kantine führt, der Aufzug im Süd-Teil des A-Blocks, der zur Lichtpauserei und zur Hauspost führt, und die beiden Aufzüge jeweils im Nord-Teil jedes Blocks. Zwei Aufzüge haben eine elektrische Leistungsaufnahme von 13,5 kW, dabei handelt es sich um die beiden Aufzüge im Zentrum des Gebäudes. Es wurde ein Messintervall von vier Sekunden eingestellt. In der folgenden Tabelle sind die Messergebnisse der einzelnen Messreihen abgebildet:

| Uhrzeit                           | Kantine<br>[kWh] | Lichtpauserei<br>[kWh] | A-Block, Nord<br>[kWh] | Mitte<br>[kWh] |
|-----------------------------------|------------------|------------------------|------------------------|----------------|
| 7:00                              | 1,87             | 2,03                   | 1,76                   | 1,84           |
| 8:00                              | 1,44             | 1,22                   | 1,62                   | 1,54           |
| 9:00                              | 1,05             | 0,95                   | 0,99                   | 1,05           |
| 10:00                             | 0,37             | 0,46                   | 0,42                   | 0,37           |
| 11:00                             | 0,80             | 0,73                   | 0,50                   | 0,74           |
| 12:00                             | 1,90             | 2,09                   | 1,91                   | 1,92           |
| 13:00                             | 1,08             | 0,90                   | 1,20                   | 1,03           |
| 14:00                             | 0,82             | 0,93                   | 1,00                   | 0,91           |
| 15:00                             | 0,64             | 0,59                   | 0,43                   | 0,61           |
| 16:00                             | 1,54             | 1,62                   | 1,63                   | 1,51           |
| 17:00                             | 1,36             | 1,28                   | 1,29                   | 1,40           |
| 18:00                             | 0,75             | 0,75                   | 0,94                   | 0,77           |
| 19:00                             | 0,22             | 0,13                   | 0,21                   | 0,22           |
| 20:00                             | 0,10             | 0,10                   | 0,11                   | 0,10           |
| 21:00                             | 0,01             | 0,01                   | 0,01                   | 0,01           |
| 22:00                             | 0,01             | 0,01                   | 0,01                   | 0,01           |
| 23:00                             | 0,01             | 0,01                   | 0,01                   | 0,01           |
| <b>Summe</b>                      | <b>13,97</b>     | <b>13,81</b>           | <b>14,04</b>           | <b>14,04</b>   |
| <b>Gesamtlaufzeit<br/>[min/d]</b> | <b>76,20</b>     | <b>75,33</b>           | <b>76,58</b>           | <b>62,40</b>   |

Tabelle 3.3.1.6- 11 Elektrischer Verbrauch Aufzüge, Züblin Hauptverwaltung

Obwohl die Aufzüge der ersten drei Messreihen die gleiche Leistungsaufnahme haben, wurde davon ausgegangen, dass die Aufzüge, die zur Kantine und zur Lichtpauserei führen, mehr genutzt werden als die beiden anderen. Aus diesem Grund wurden die Aufzüge einzeln gemessen. Überraschend ist das Ergebnis, dass genau das Gegenteil des Erwarteten festzustellen war, auch wenn der Unterschied nicht sehr groß ist. Ebenfalls überraschend ist das Ergebnis, dass die Aufzüge in der Mitte weniger genutzt werden. Um die gesamte Leistung der Aufzüge über ein Jahr zu berechnen, wird die Tagesleistung mit den Nutzungstagen pro Jahr multipliziert und wieder durch die Fläche des Gebäudes geteilt. Da auch an Samstagen regelmäßiger Verkehr in der Züblin Hauptverwaltung herrscht, wird von 313 Nutzungstagen im Jahr ausgegangen.

**Elektrische Leistung Aufzugsanlagen = 1,01 kWh/m<sup>2</sup>a**

Im folgenden Diagramm kann man deutlich die Spitzen zu Arbeitsbeginn und Arbeitsende sowie zur Mittagspause sehen.

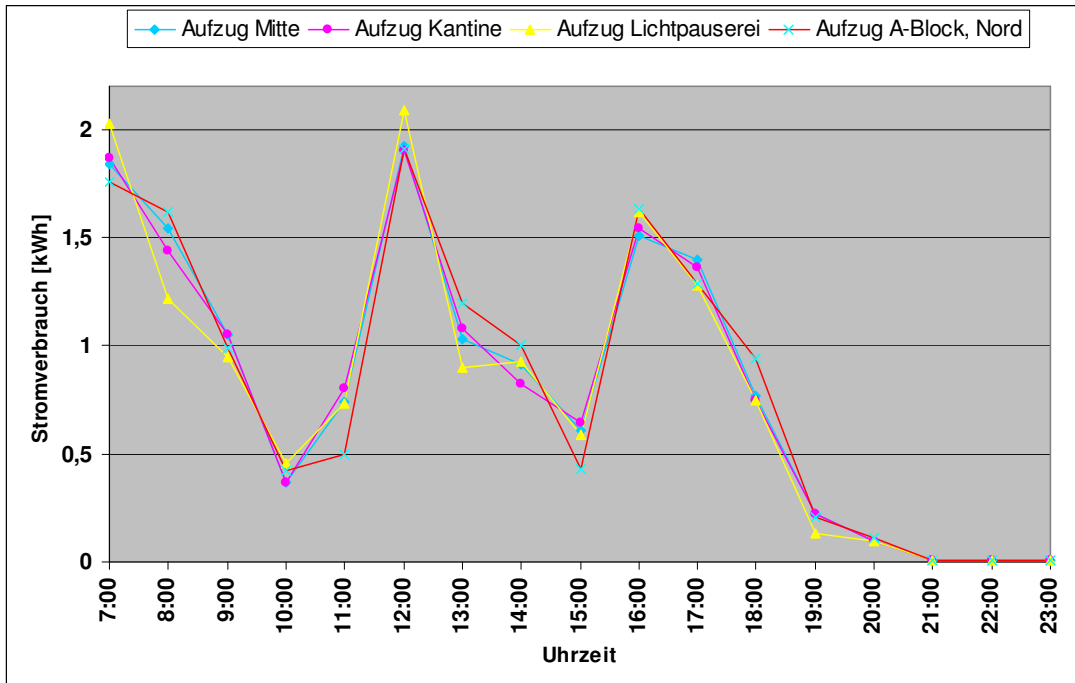


Abbildung 3.3.1.6- 6 Tagesverlauf der elektrischen Leistung der Aufzüge, Züblin Hauptverwaltung

Besonders von Interesse ist, wie hoch der Stromverbrauch in den Büros ist. Um dies herauszufinden, wurde zwei Wochen lang das 5. OG im B-Block gemessen. Es wurde der gleiche Messaufbau wie zuvor verwendet, aber mit einem Messintervall von fünf Minuten. Aus den gemessenen Werten lässt sich ein durchschnittlicher Stromverbrauch von 273 kWh pro Woche ermitteln. Im EG bis zum 6. OG (A- und B-Block) ist vorwiegend Bürofläche vorhanden. Das sind insgesamt 14 Stockwerke. Daraus errechnet sich eine Gesamtleistung von 11,46 kWh/m<sup>2</sup>a. Die Messung wurde im Sommer durchgeführt, deshalb ist in dem ermittelten Wert annähernd keine Beleuchtung berücksichtigt, da während der regulären Arbeitszeit keine künstliche Beleuchtung erforderlich ist. Die installierte Beleuchtungsleistung beträgt in einem Stockwerk 8194 W. Es wird angenommen, dass über die Hälfte der jährlichen Nutzungsstunden künstliche Beleuchtung nötig ist, also 1.375 h. Daraus ergibt sich ein Verbrauch von 0,65 kWh/m<sup>2</sup>a für ein Stockwerk. Für alle 14 Stockwerke ergibt dies einen Wert von 9,08 kWh/m<sup>2</sup>a. Daraus ergibt sich die Gesamtleistung:

**Elektrischer Energieverbrauch Büroflächen inkl. Beleuchtung = 20,54 kWh/m<sup>2</sup>a**

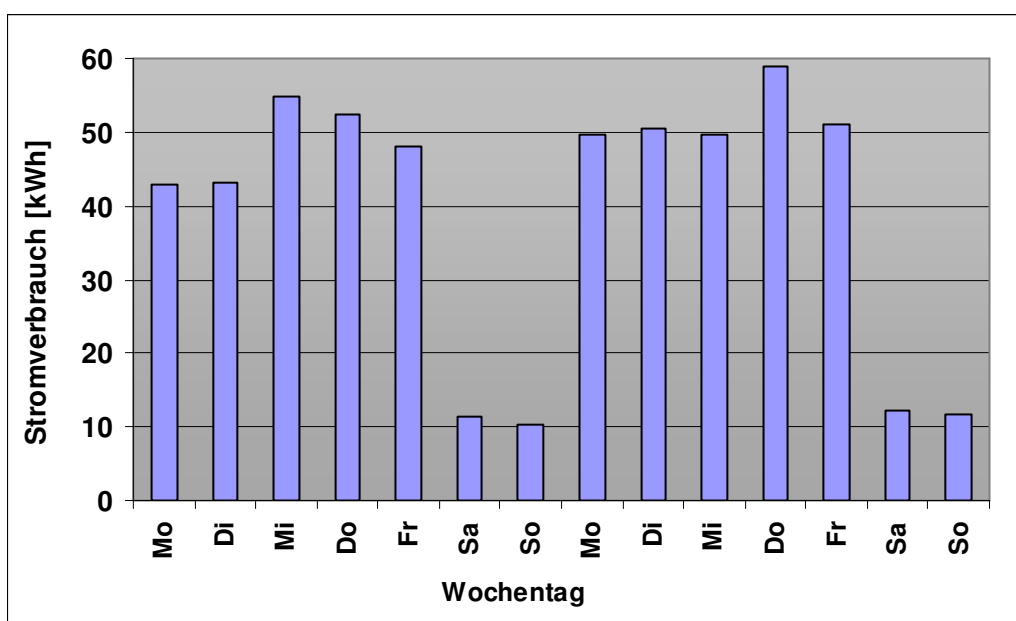


Abbildung 3.3.1.6- 7 Stromverbrauch Bürofläche, 5. OG B-Block

Der restliche Strom wird von der Außen- und Tiefgaragenbeleuchtung, der Lichtpauserei und evtl. anderen Anlagen verbraucht. Leider ist es im Rahmen von REG nicht möglich gewesen, noch mehr Messungen durchzuführen. Im folgenden Energieflussdiagramm ist die Verteilung der Energieströme grafisch dargestellt.

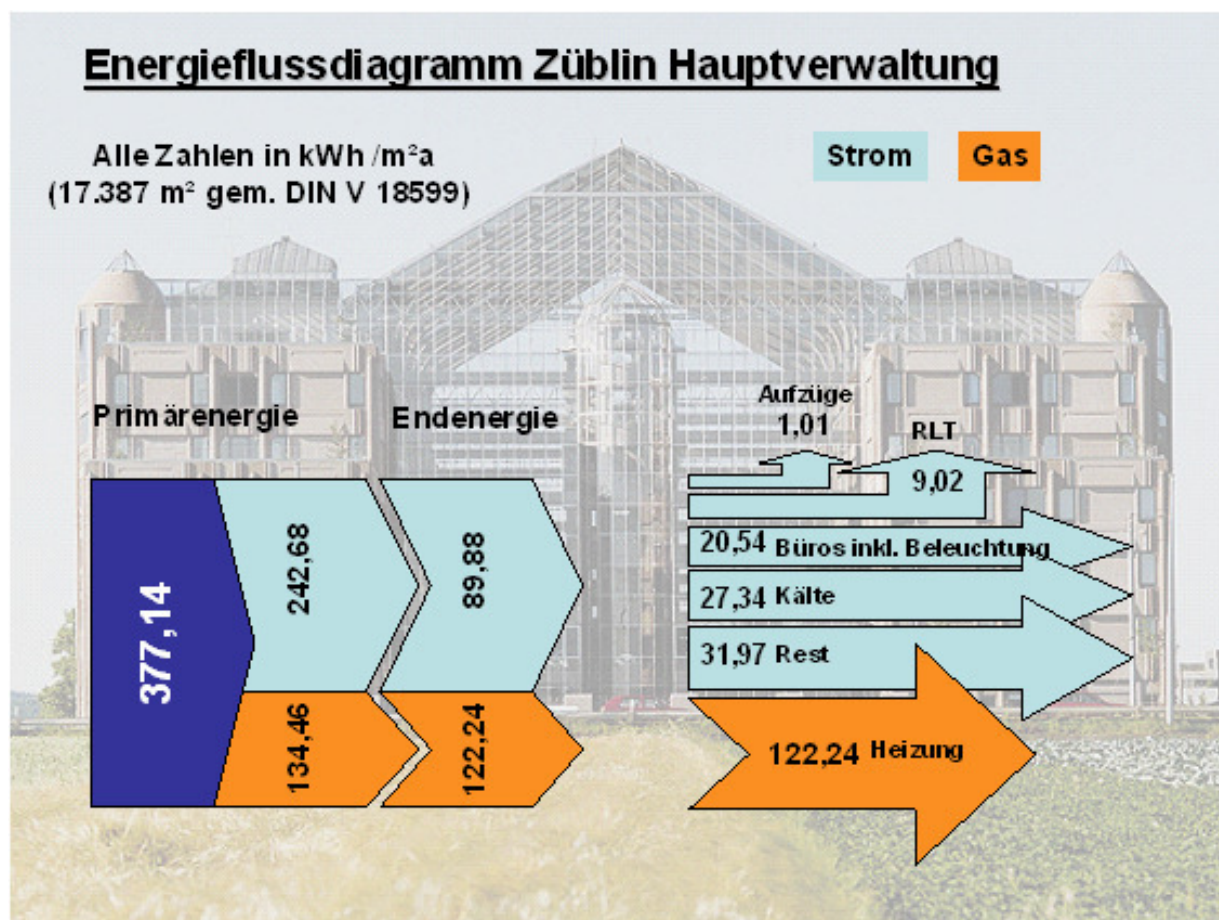


Abbildung 3.3.1.6- 8 Energieflussdiagramm Züblin Hauptverwaltung

### 3.3.2 Z-zwo

#### 3.3.2.1 Energieverbrauchserfassung

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist einen nachhaltigkeitsorientierten Baustandard für die Zukunft zu entwickeln. Um jedoch den heutigen Stand festzuhalten, müssen zunächst einmal belastbare Messungen und Untersuchungen angestellt werden. Es ist zunächst erforderlich die Gebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauchs zu untersuchen, um später geeignete Sanierungskonzepte zu entwickeln. Für die Untersuchung werden die Verbrauchsabrechnungen des jeweiligen Energieversorgers herangezogen. Für das Z-Zwo wurden die Daten innerhalb der Bachelor Thesis von Herrn Olaf Thies bei Züblin zusammengefasst. Die Ergebnisse umfassen den Zeitraum der Jahre 2002 – 2007. Da das Jahr 2002 nicht vollständig erfasst ist, fällt es aus den folgenden Betrachtungen heraus.

| Z-Zwo                    | 2007    | 2006    | 2005    | 2004    | 2003    |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Heizung (Gas) [kWh]      | 615.524 | 628.545 | 664.610 | 639.930 | 745.904 |
| Strom [kWh]              | 681.705 | 590.499 | 658.468 | 601.982 | 474.470 |
| Wasser [m <sup>3</sup> ] | 1.694   | 1.494   | 1.484   | 1.508   | 1.502   |

Tabelle 3.3.2.1- 12 Zusammenfassung des jährlichen Energie- und Wasserverbrauchs

#### 3.3.2.2 Gradtagszahl-Korrektur

Die erfassten Verbrauchsdaten sind für eine Analyse nur bedingt tauglich. Um mit den ermittelten Daten rechnen zu können, wird der durchschnittliche Jahresverbrauch gebildet. Das einfache Vorgehen, wie die Verbrauchswerte zu addieren und den Mittelwert zu bilden, ist jedoch für einen Vergleich nicht aussagefähig, da jedes Jahr seine eigenen Witterungsbedingungen hat. Um nun vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wird eine Korrektur über die Gradtagszahl angewandt, mit diesem Vorgehen lassen sich nicht nur die Verbrauchswerte unterschiedlicher Jahre, sondern auch unterschiedlicher Standorte vergleichen. Auf diese Weise kann man unterschiedliche Heiztechnologien im selben Gebäude vergleichen. Wie aus dem Namen zu entnehmen ist, finden dabei die Gradtagszahlen ihre Anwendung, diese sind in der VDI 2067 enthalten. Die Gradtagszahl eines Tages bezeichnet die Differenz zwischen der Norm-Innentemperatur (20 °C) und der mittleren Außentemperatur.

$$GTZ_{Tag} = v_i - v_{a,m}$$



Die Gradtagszahlen werden für jeden einzelnen Tag des Jahres auf diese Weise berechnet. Da davon ausgegangen wird, dass erst ab einer mittleren Außentemperatur von weniger als 15 °C geheizt werden muss, werden diese Tage addiert, d.h. man bildet die Summe aller Heiztage eines Jahres.

$$GTZ_{Jahr} = \sum (GTZ_{Tag} < 15^{\circ}C)$$

Die so erhaltene Gradtagszahl beschreibt die Heizperiode des entsprechenden Jahres und Ortes. Je höher die Gradtagszahl ist desto höher ist der Bedarf an Heizenergie – die Witterungsbedingungen sind ungünstiger. Für die Bildung einer Durchschnittsheizperiode werden die Gradtagszahlen der Jahre im betrachteten Zeitraum addiert und anschließend der Mittelwert gebildet. Für diese Untersuchung werden die Daten des Deutschen Wetterdienstes, der Wetterstation am Flughafen in Stuttgart-Echterdingen, herangezogen. Für den Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2007 ergibt sich eine durchschnittliche Gradtagszahl von 3.521. Anhand dieses Wertes wird der Energieverbrauch eines einzelnen Jahres auf das Durchschnittsjahr angepasst, indem der Verbrauch mit der jeweiligen Gradtagszahl ins Verhältnis gesetzt wird. Der Durchschnittsverbrauch ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\frac{Energieverbrauch_{Betrachtungsjahr}}{GTZ_{Betrachtungsjahr}} = \frac{Energieverbrauch_{Durchschnitt}}{GTZ_{langjährigesMittel}}$$
$$\Rightarrow Energieverbrauch_{Durchschnitt} = Energieverbrauch_{Betrachtungsjahr} \cdot \frac{GTZ_{langjährigesMittel}}{GTZ_{Betrachtungsjahr}}$$

Für das Z-Zwo ergeben sich die nachstehenden witterungskorrigierten Energieverbrauchswerte:

Durchschnittliche Gradtagszahl von 2000 bis 2007 = 3.521

Tabelle 3.3.2.2- 13 Zusammenfassung des witterungskorrigierten, jährlichen Energieverbrauchs

| <b>Züblin-Z-Zwo</b>                    | <b>2007</b> | <b>2006</b> | <b>2005</b> | <b>2004</b> | <b>2003</b> |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Verbrauch Gas, Hu [kWh]                | 615.524     | 628.545     | 664.610     | 639.930     | 745.904     |
| Gradtagszahl                           | 3303        | 3558        | 3696        | 3653        | 3593        |
| Witterungskorrigierter Verbrauch [kWh] | 656.102     | 621.965     | 633.097     | 616.763     | 730.905     |

### 3.3.2.3 Betriebskostenerfassung

Die Betriebskosten bezogen auf den Energieverbrauch sind genauso wie der Energieverbrauch selbst aus den Abrechnungen der Energieversorger entnommen. Bevor jedoch mit den Zahlen weiter gearbeitet werden kann, müssen die Kosten für die Heizenergie zunächst auf die witterungskorrigierten Energieverbräuche angepasst werden. Dies geschieht, indem die Kosten ins Verhältnis zum Verbrauch gesetzt werden:

$$\frac{Kosten_{tatsächlich}}{Verbrauch_{tatsächlich}} = \frac{Kosten_{korrigiert}}{Verbrauch_{korrigiert}}$$

$$\Rightarrow Kosten_{korrigiert} = Kosten_{tatsächlich} \cdot \frac{Verbrauch_{korrigiert}}{Verbrauch_{tatsächlich}}$$

Daraus ergeben sich die witterungskorrigierten Kosten:

| <b>Z-Zwo</b>                          | <b>2007</b> | <b>2006</b> | <b>2005</b> | <b>2004</b> | <b>2003</b> |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Heizung (Gas)                         | 33.293 €    | 34.622 €    | 29.562 €    | 24.448 €    | 28.553 €    |
| Heizung (Gas)<br>witterungskorrigiert | 35.488 €    | 34.259 €    | 28.160 €    | 23.563 €    | 27.979 €    |
| Strom [kWh]                           | 88.998 €    | 72.061 €    | 78.234 €    | 70.787 €    | 53.655 €    |
| Wasser [m³]                           | 4.088 €     | 3.261 €     | 3.266 €     | 3.359 €     | 3.399 €     |

Tabelle 3.3.2.3- 14 Zusammenfassung der Energie- und Wasserkosten

### 3.3.2.4 Inflationsbereinigung

Bevor man dazu übergeht, die Jahresmittelwerte aus den Kosten zu berechnen, muss beachtet werden, dass die Preise für Energie, so wie für andere Güter, von Jahr zu Jahr unterschiedlich sind.

Anders als beim Energieverbrauch, bei welchem man den Durchschnittsverbrauch über eine Referenzheizperiode erhält, gilt es die Kosten auf den aktuellen Wert des Geldes anzupassen. Um angeben zu können, wie viel man heute für die verbrauchte Energie aus den vorhergehenden Jahren bezahlen müsste, muss man den Grad der Entwertung des Geldes aus dem betroffenen Zeitraum bestimmen. Dazu wird aus dem so genannten *Barwert* eines jeden einzelnen Jahres, - also der Betrag der an dessen Ende für den Energieverbrauch zu entrichten war - der *Endwert* über einen festgelegten Zinssatz berechnet. Der entsprechende Zinssatz, oder der Grad der Entwertung, kommt in diesem Fall vom Statistischen Bundesamt in *Lange Reihen*, das die Inflationsrate aus der Zeitspanne von 1951 bis 2007 wiedergegeben hat.

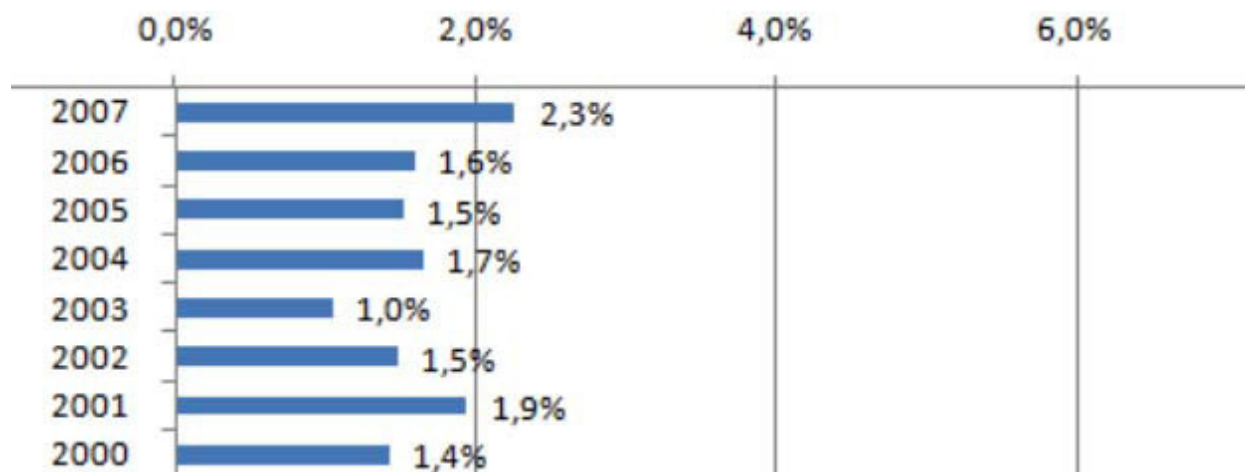


Abbildung 3.3.2.4- 9 Ausschnitt der jährlichen Inflationsrate

[Quelle: Statistisches Bundesamt, Lange Reihen]

Mit dieser Formel wird der Endwert für jedes Jahr berechnet:

$$K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$K_n$  ... Endwert

$K_0$  ... Barwert (Startwert)

$p$  ..... Zinssatz in %

$n$  ..... Laufzeit in Jahren

Als Zinssatz wird der Mittelwert der jährlichen Inflationsrate vom betrachteten Jahr ab, bis hin zum aktuellen Zeitpunkt genommen. Da hier mit der gleichen Formel gearbeitet wird, mit der man auch die Zinseszinsen einer Geldanlage berechnet, erhält man den exakt gleichen Wert,

als würde man mit jeder einzelnen Inflationsrate von Jahr zu Jahr rechnen. Aus diesen Daten berechnen sich die Kosten bezogen auf den aktuellen Geldwert.

Kosten für Heizenergie:

**Z-Zwo**

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$   |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
| 2003       | 27.979 €      | 4              | 1,775                              | <b>30.019 €</b> |
| 2004       | 23.563 €      | 3              | 1,800                              | <b>24.858 €</b> |
| 2005       | 28.160 €      | 2              | 1,950                              | <b>29.269 €</b> |
| 2006       | 34.259 €      | 1              | 2,300                              | <b>35.047 €</b> |
| 2007       | 35.488 €      | 0              | 0,000                              | <b>35.488 €</b> |

Tabelle 3.3.2.4- 15 Heizenergiekosten, witterungskorrigiert, inflationsangepasst

Kosten für Strom:

**Z-Zwo**

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$   |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
| 2003       | 53.655 €      | 4              | 1,775                              | <b>57.567 €</b> |
| 2004       | 70.787 €      | 3              | 1,800                              | <b>74.679 €</b> |
| 2005       | 78.234 €      | 2              | 1,950                              | <b>81.315 €</b> |
| 2006       | 72.061 €      | 1              | 2,300                              | <b>73.718 €</b> |
| 2007       | 88.998 €      | 0              | 0,000                              | <b>88.998 €</b> |

Tabelle 3.3.2.4- 16 Stromkosten, inflationsangepasst

Kosten für Wasser:

**Z-Zwo**

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$  |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| 2003       | 3.399 €       | 4              | 1,775                              | <b>3.647 €</b> |
| 2004       | 3.359 €       | 3              | 1,800                              | <b>3.544 €</b> |
| 2005       | 3.266 €       | 2              | 1,950                              | <b>3.395 €</b> |
| 2006       | 3.261 €       | 1              | 2,300                              | <b>3.336 €</b> |
| 2007       | 4.088 €       | 0              | 0,000                              | <b>4.088 €</b> |

Tabelle 3.3.2.4- 17 Wasserkosten, inflationsangepasst

Da die Abrechnungen zum Jahresende hin erfolgen, wird das zu berechnende Jahr nicht bei der Zeitspanne  $n$  mitgezählt. Dies gilt auch für die Inflationsrate  $p$ .

### 3.3.2.5 Kennwertbildung als Vergleichsbasis

Es ist nun der Energieverbrauch und es sind die Energiekosten des Z-Zwo's unter Berücksichtigung der Witterungsunterschiede und der Inflation bereinigt worden. Allerdings lassen sich die Daten nicht ohne weiteres mit anderen Gebäuden vergleichen. Um nun also so genannte Benchmarks zu erhalten, bildet man die Jahresmittelwerte aus den bereinigten Daten und teilt diese durch die Fläche (gem. EnEV) des Gebäudes. Auch wenn die Gebäude unterschiedliche technische Gebäudeausrüstungen aufweisen und man nie von gleichem Nutzerverhalten, selbst bei gleicher Nutzung, ausgehen kann, erhält man durch diese Werte eine gemeinsame Basis, mit denen man durchaus Vergleiche anstellen kann.

$$\text{Benchmark} \left[ \frac{kWh}{m^2a} \right] = \frac{\sum \frac{kWh}{a}}{\text{Anzahl\_Jahre}} \cdot \frac{1}{\text{Fläche}[m^2]}$$

| Z-Zwo   | Durchschnittswerte pro Jahr |             |
|---------|-----------------------------|-------------|
|         | Verbrauch                   | Kosten      |
| Heizung | 651.766 kWh                 | 30.936,30 € |
| Strom   | 601.425 kWh                 | 75.255,31 € |
| Wasser  | 1.536 m³                    | 3.601,92 €  |

| Z-Zwo   | Benchmark [kWh/m²a] | } <b>164,11 kWh / m²a</b> |
|---------|---------------------|---------------------------|
|         | NGF = 7636 m²       |                           |
| Heizung | 85,35               |                           |
| Strom   | 78,76               |                           |
| Wasser  | 0,20                |                           |

| Z-Zwo   | Benchmark [€/m²a] | } <b>13,91 € / m²a</b> |
|---------|-------------------|------------------------|
|         | NGF = 7636 m²     |                        |
| Heizung | 4,05              |                        |
| Strom   | 9,86              |                        |
| Wasser  | 0,47              |                        |

Tabelle 3.3.2.5- 18 Benchmarks Z-Zwo

### 3.3.2.6 Aufschlüsseln des Energieflusses

Der durchschnittliche Energieverbrauch für des gesamten Gebäudes ist nun erfasst und aufbereitet. Der nächste Schritt ist es, herauszufinden, wie sich die Energie im jeweiligen Gebäude verteilt. Die erste Untersuchung ist, welche Verbraucher im Gebäude vorhanden sind, und auf welche Weise man den Verbrauch herausfinden kann. Anhand folgender Fragen wird das Gebäude analysiert:

4. Welche Verbraucher können aus den Abrechnungen aufgenommen werden?
5. Welche Verbraucher müssen berechnet werden?
6. Welche Verbraucher müssen durch eigene Messungen erfasst werden?

1. Direkt übernehmen kann man nur die Energie in Form von Gas, da diese ausschließlich zum Beheizen des Gebäudes verwendet wird.

**Heizenergie = 85,35 kWh/m<sup>2</sup>a**

2. Berechnet werden kann die elektrische Leistung aller Verbraucher der Raumluft- und Kältetechnik. Die RLT-Anlagen wesentlich neuer als im Züblinhaus und laufen geregelt, d.h. nur mit dem erforderlichen Volumenstrom. Um die tatsächliche Leistung der RLT-Anlagen zu bestimmen, wird zuerst der erforderliche Luftvolumenstrom für die jeweiligen Bereiche berechnet. Dazu werden die Daten aus der DIN V 18599 – 10 verwendet. Der erforderliche Volumenstrom ist in m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> angegeben. Geteilt durch die Fläche des Bereichs erhält man das Ergebnis.

$$\dot{V}_{erf} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \dot{V}_{soll} \left[ \frac{m^3}{h \cdot m^2} \right] \cdot A_{Zone} [m^2]$$

Der maximale Luftvolumenstrom der RLT-Anlagen für einen Bereich wird addiert. Die Auslastung der Anlagen errechnet sich aus dem Verhältnis geforderten Luftvolumenstrom zu dem maximalen Volumenstrom der Anlagen.

$$Auslastung[\%] = \frac{\dot{V}_{erf}}{\dot{V}_{max}} \cdot 100$$



Zum weiteren Rechnen wird der Faktor  $p_{Teil} = \frac{\dot{V}_{erf}}{\dot{V}_{max}}$  verwendet.

Der Gesamtverbrauch über das Jahr hinweg wird mit den Nutzungsstunden aus der DIN V 18599 – 10 für die verschiedenen Bereiche und der Gesamtfläche des Z-Zwo- Gebäudes berechnet.

$$W_{ges} \left[ \frac{kWh}{m^2a} \right] = \frac{P_{el} [kW] \cdot p_{Teil} \cdot t_{Nutz} [h]}{A_{Z-Zwo}}$$

Daraus ergeben sich folgende Daten:

| Standort      | versorgt              | Abluft |                     | DIN V 18599-10 | W <sub>ges</sub><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |
|---------------|-----------------------|--------|---------------------|----------------|--|
|               |                       | [kW]   | [m <sup>3</sup> /h] | Zone           |  |
| Dach Nord     | Tiefgarage            | 2x 2,2 | 34.890              | Parkhaus, Büro | <b>0,990</b>                               |
|               | Nachtspülung Nord     | 2x 1,5 | 36.000              | Gesamt (Nacht) | <b>0,032</b>                               |
|               | WC EG-OG 5 Nord       | 0,16   | 720                 | WC, Sanitär    | <b>0,056</b>                               |
|               |                       | 0,28   | 1.080               | WC, Sanitär    | <b>0,099</b>                               |
|               | Teeküche EG-OG 5 Nord | 0,14   | 600                 | Nebenflächen   | <b>0,039</b>                               |
| Müllraum Nord | 0,14                  | 500    | Dauerläufer         | <b>0,161</b>   |  |
| Dach Süd      | Tiefgarage            | 2x 2,2 | 34.890              | Parkhaus, Büro | <b>0,990</b>                               |
|               | Nachtspülung Süd      | 2x 1,5 | 36.000              | Gesamt         | <b>0,032</b>                               |
|               | WC EG-OG 5 Süd        | 0,16   | 720                 | WC, Sanitär    | <b>0,056</b>                               |
|               |                       | 0,28   | 1.080               | WC, Sanitär    | <b>0,099</b>                               |
|               | Teeküche EG-OG 5 Süd  | 0,14   | 600                 | Nebenflächen   | <b>0,039</b>                               |
| Müllraum Süd  | 0,14                  | 500    | Dauerläufer         | <b>0,161</b>   |  |
| <b>Summe</b>  |                       |        |                     |                | <b>2,75</b>                                |

Tabelle 3.3.2.6- 19 Jahresleistung der RLT-Anlagen, Z-Zwo

### Elektrische Leistung RLT-Anlagen = 2,75 kWh/m<sup>2</sup>a

Die Kältemaschinen werden nur für die Kühlung der Server-Räume eingesetzt und sind Dauerläufer, d.h. sie werden mit den gesamten Jahresstunden (8.760 h) berechnet (gleiche Annahme wie bei der Züblin-Hauptverwaltung).

| Standort                        | versorgt            | Leistung <sub>el</sub> [kW] | W <sub>ges</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a] |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------------|---|
| UG 1,<br>Einfahrt<br>Tiefgarage | Rechenzentrum außen | 2x 2,3                      | 5,277                                   |
|                                 | Rechenzentrum außen | 2x 3,12                     | 7,159                                   |
|                                 | Rechenzentrum außen | 1,33                        | 1,526                                   |
| UG 1,<br>Technikraum<br>Nord    | Rechenzentrum innen | 0,11                        | 0,126                                   |
|                                 | Rechenzentrum innen | 2x 0,031                    | 0,071                                   |
| UG 1,<br>Technikraum<br>Süd     | Rechenzentrum innen | 0,11                        | 0,126                                   |
|                                 | Rechenzentrum innen | 0,031                       | 0,036                                   |
|                                 | USV innen           | 0,049                       | 0,056                                   |
| <b>Summe</b>                    |                     |                             | <b>14,38</b>                            |

Tabelle 3.3.2.6- 20 Jahresleistung der Kältemaschinen, Züblin Hauptverwaltung

**Elektrische Leistung Kältemaschinen = 14,38 kWh/m<sup>2</sup>a**

Bei der Beleuchtung konnte eine installierte Leistung von 17.960 kW in der Tiefgarage und 77.921 kW in den Bürogeschossen aus den technischen Unterlagen ermittelt werden. Zusammengerechnet und unter der Annahme, dass nur die Hälfte der Nutzungsstunden künstliche Beleuchtung erforderlich ist, ergibt das eine Jahresleistung von 17,26 kWh/m<sup>2</sup>a.

**Elektrische Leistung Beleuchtung = 17,26 kWh/m<sup>2</sup>a**

3. Beim Züblin Z-Zwo-Gebäude sind insgesamt vier Aufzüge mit einer elektrischen Leistungsaufnahme von 9,3 kW installiert. Da die Aufzüge alle gleich beschaffen sind und keiner einen speziellen Bereich zugänglich macht, wurde nur ein Aufzug gemessen. Der Messaufbau war identisch mit dem in der Züblin Hauptverwaltung. In der Tabelle und dem nachfolgendem Diagramm, in dem der Aufzug aus dem Z-Zwo-Gebäude mit den Aufzügen aus der Hauptverwaltung gemeinsam dargestellt ist, kann man gut erkennen, dass die beiden Bürogebäude die gleichen Arbeitszeiten haben.

| Aufzug Z-Zwo                      |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Uhrzeit                           | kWh          |
| 07:00                             | 2,30         |
| 08:00                             | 1,08         |
| 09:00                             | 0,78         |
| 10:00                             | 0,45         |
| 11:00                             | 1,21         |
| 12:00                             | 1,78         |
| 13:00                             | 0,82         |
| 14:00                             | 0,84         |
| 15:00                             | 0,80         |
| 16:00                             | 1,41         |
| 17:00                             | 1,47         |
| 18:00                             | 0,67         |
| 19:00                             | 0,04         |
| 20:00                             | 0,08         |
| 21:00                             | 0,01         |
| 22:00                             | 0,01         |
| 23:00                             | 0,02         |
| <b>Summe</b>                      | <b>13,77</b> |
| <b>Gesamtlaufzeit<br/>[min/d]</b> | <b>88,84</b> |

Tabelle 3.3.2.6- 21 Elektrischer Verbrauch Aufzüge, Züblin Z-Zwo

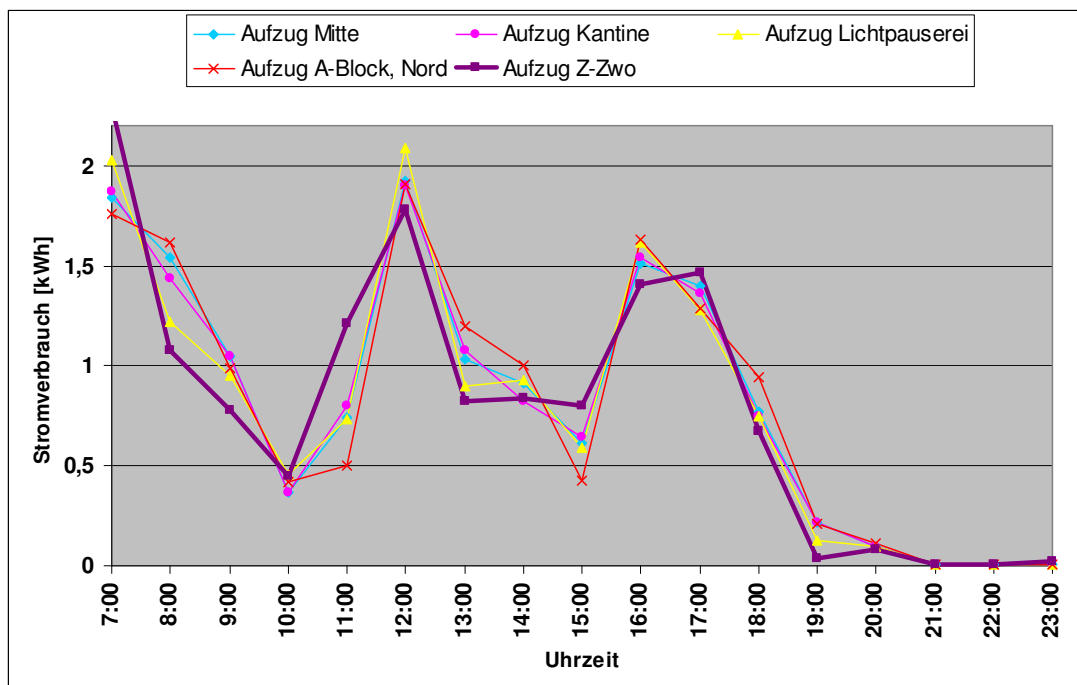


Abbildung 3.3.2.6- 10 Tagesverlauf der elektrischen Leistung der Aufzüge, Z-Zwo im Vergleich zu den Aufzügen der ZH

Genau wie bei der Züblin Hauptverwaltung wird der Tagesverbrauch auf 313 Arbeitstage im Jahr berechnet. So erhält man für alle vier Aufzugsanlagen:

**Elektrische Leistung Aufzugsanlagen = 2,26 kWh/m<sup>2</sup>a**

Parallel zu der Aufzugsmessung wurde auch der gesamte Süd-Teil des Z-Zwo-Gebäudes gemessen. Dafür kam ein zweites Messgerät zum Einsatz, das mittels Messschläuchen, an die drei Phasen angeschlossen wurde. Die Messschläuche werden gleichermaßen wie die Strommesszangen gehandhabt.

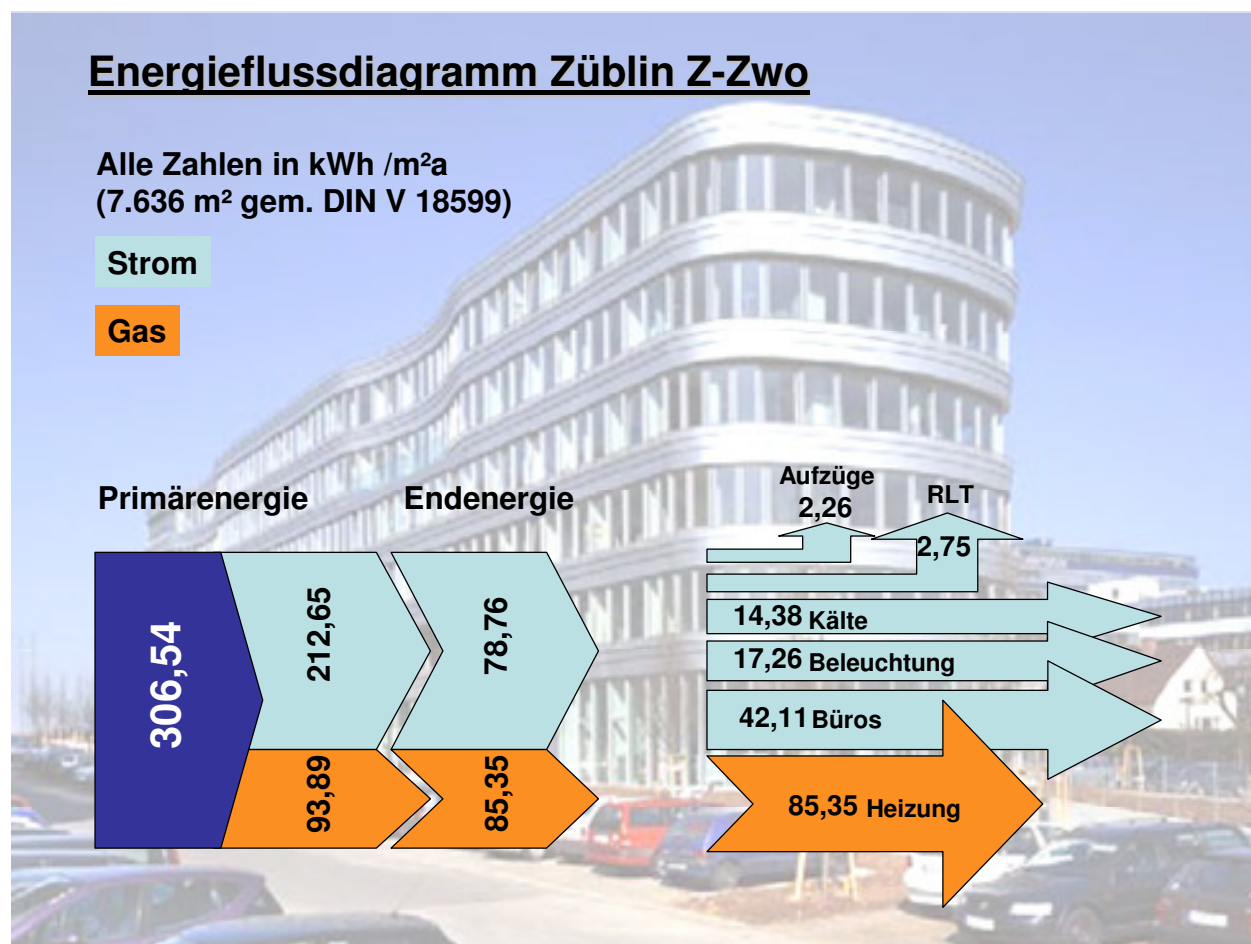


Abbildung 3.3.2.6- 11 Strom-Messgerät XL 422, HT Instruments

Hier wurde ein Messintervall von sechs Sekunden eingestellt. Ermittelt wurde ein Tagesverbrauch von 847,5 kWh. Hochgerechnet auf das gesamte Gebäude ergibt sich ein Jahresverbrauch von 69,48 kWh/m<sup>2</sup>a. Rechnet man die einzelnen Verbräuche zusammen

(ausgenommen der Kältemaschinen), erhält man eine Leistung von 64,38 kWh/m<sup>2</sup>a. Durch die geringe Abweichung der beiden Werte werden die theoretischen Berechnungen bestätigt.

Im Energieflussdiagramm stellt sich die Aufteilung der Energien wie folgt dar:



### 3.3.3 DVA

#### 3.3.3.1 Energieverbrauchserfassung

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist einen nachhaltigkeitsorientierten Baustandard für die Zukunft zu entwickeln. Um jedoch den heutigen Stand festzuhalten, müssen zunächst einmal belastbare Messungen und Untersuchungen angestellt werden. Es ist zunächst erforderlich die Gebäude hinsichtlich ihres Energieverbrauchs zu untersuchen, um später geeignete Sanierungskonzepte zu entwickeln. Für die Untersuchung werden die Verbrauchsabrechnungen des jeweiligen Energieversorgers herangezogen. Die Abrechnungen reichen von der Inbetriebnahme im September 2006 bis einschließlich August 2008.

Für das DVA-Gebäude stehen nur wenige Daten zur Verfügung. Aus diesem Grund werden die Jahre 2006 und 2008 zu einem Jahr zusammengefasst. So ergeben sie ein lückenloses Referenzjahr. Der Wasserverbrauch wird erst am Ende eines jeden Jahres vom Energieversorger abgerechnet, d.h. beim DVA-Gebäude liegt nur der Wasserverbrauch von September 2006 bis Dezember 2006 vor, und zwar 228 m<sup>3</sup> für 165 Tage. Um dennoch ein Jahresergebnis zu erhalten, wird der Verbrauch hochgerechnet.

$$\frac{228m^3}{165d} = \frac{xm^3}{365d} \rightarrow x = \frac{228m^3 \cdot 365d}{165d} = \underline{\underline{504m^3}}$$

| DVA                      | 2007    | 2006 / 08 |
|--------------------------|---------|-----------|
| Heizung (FW) [kWh]       | 237.719 | 197.483   |
| Strom [kWh]              | 200.870 | 200.711   |
| Wasser [m <sup>3</sup> ] | 462     | 504       |

Tabelle 3.3.3.1- 22 Zusammenfassung des jährlichen Energie- und Wasserverbrauchs

#### 3.3.3.2 Gradtagszahl-Korrektur

Die erfassten Verbrauchsdaten sind für eine Analyse nur bedingt tauglich. Um mit den ermittelten Daten rechnen zu können, wird der durchschnittliche Jahresverbrauch gebildet. Das einfache Vorgehen, wie die Verbrauchswerte zu addieren und den Mittelwert zu bilden, ist jedoch für einen Vergleich nicht aussagefähig, da jedes Jahr seine eigenen Witterungsbedingungen hat. Um nun vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, wird eine Korrektur über die Gradtagszahl angewandt, mit diesem Vorgehen lassen sich nicht nur die Verbrauchswerte unterschiedlicher Jahre, sondern auch unterschiedlicher Standorte



vergleichen. Auf diese Weise kann man unterschiedliche Heiztechnologien im selben Gebäude vergleichen. Wie aus dem Namen zu entnehmen ist, finden dabei die Gradtagszahlen ihre Anwendung, diese sind in der VDI 2067 enthalten. Die Gradtagszahl eines Tages bezeichnet die Differenz zwischen der Norm-Innentemperatur (20 °C) und der mittleren Außentemperatur.

$$GTZ_{Tag} = v_i - v_{a,m}$$

Die Gradtagszahlen werden für jeden einzelnen Tag des Jahres auf diese Weise berechnet. Da davon ausgegangen wird, dass erst ab einer mittleren Außentemperatur von weniger als 15 °C geheizt werden muss, werden diese Tage addiert, d.h. man bildet die Summe aller Heiztage eines Jahres.

$$GTZ_{Jahr} = \sum (GTZ_{Tag} < 15^\circ C)$$

Die so erhaltene Gradtagszahl beschreibt die Heizperiode des entsprechenden Jahres und Ortes. Je höher die Gradtagszahl ist desto höher ist der Bedarf an Heizenergie – die Witterungsbedingungen sind ungünstiger. Für die Bildung einer Durchschnittsheizperiode werden die Gradtagszahlen der Jahre im betrachteten Zeitraum addiert und anschließend der Mittelwert gebildet. Für diese Untersuchung werden die Daten des Deutschen Wetterdienstes, der Wetterstation am Flughafen in Stuttgart-Echterdingen, herangezogen. Für den Betrachtungszeitraum von 2000 bis 2007 ergibt sich eine durchschnittliche Gradtagszahl von 3.521. Anhand dieses Wertes wird der Energieverbrauch eines einzelnen Jahres auf das Durchschnittsjahr angepasst, indem der Verbrauch mit der jeweiligen Gradtagszahl ins Verhältnis gesetzt wird. Der Durchschnittsverbrauch ergibt sich aus folgender Gleichung:

$$\frac{Energieverbrauch_{Betrachtungsjahr}}{GTZ_{Betrachtungsjahr}} = \frac{Energieverbrauch_{Durchschnitt}}{GTZ_{langjährigesMittel}}$$

$$\Rightarrow Energieverbrauch_{Durchschnitt} = Energieverbrauch_{Betrachtungsjahr} \cdot \frac{GTZ_{langjährigesMittel}}{GTZ_{Betrachtungsjahr}}$$

Für das Z-Zwo ergeben sich die nachstehenden witterungskorrigierten Energieverbrauchswerte:

Durchschnittliche Gradtagszahl von 2000 bis 2007 = 3.521

| <b>DVA-Neckarstraße</b>                | <b>2007</b> | <b>2006 / 08</b> |
|--|-------------|------------------|
| Verbrauch Fernwärme [kWh]              | 237.719     | 197.483          |
| Gradtagszahl                           | 3303        | 3146             |
| Witterungskorrigierter Verbrauch [kWh] | 253.391     | 221.007          |

Tabelle 3.3.3.2- 23 Zusammenfassung des witterungskorrigierten, jährlichen Energieverbrauchs

### 3.3.3.3 Betriebskostenerfassung

Die Betriebskosten bezogen auf den Energieverbrauch sind genauso wie der Energieverbrauch selbst aus den Abrechnungen der Energieversorger entnommen. Bevor jedoch mit den Zahlen weiter gearbeitet werden kann, müssen die Kosten für die Heizenergie zunächst auf die witterungskorrigierten Energieverbräuche angepasst werden. Dies geschieht, indem die Kosten ins Verhältnis zum Verbrauch gesetzt werden:

$$\frac{Kosten_{tatsächlich}}{Verbrauch_{tatsächlich}} = \frac{Kosten_{korrigiert}}{Verbrauch_{korrigiert}}$$

$$\Rightarrow Kosten_{korrigiert} = Kosten_{tatsächlich} \cdot \frac{Verbrauch_{korrigiert}}{Verbrauch_{tatsächlich}}$$

Daraus ergeben sich die witterungskorrigierten Kosten:

| <b>DVA</b>                           | <b>2007</b> | <b>2006 / 08</b> |
|--------------------------------------|-------------|------------------|
| Heizung (FW)                         | 19.241 €    | 17.016 €         |
| Heizung (FW)<br>witterungskorrigiert | 20.510 €    | 19.042 €         |
| Strom [kWh]                          | 36.333 €    | 35.085 €         |
| Wasser [m³]                          | 987 €       | 1.028 €          |

Tabelle 3.3.3.3- 24 Zusammenfassung der Energie- und Wasserkosten

### 3.3.3.4 Inflationsbereinigung

Bevor man dazu übergeht, die Jahresmittelwerte aus den Kosten zu berechnen, muss beachtet werden, dass die Preise für Energie, so wie für andere Güter, von Jahr zu Jahr unterschiedlich sind.

Anders als beim Energieverbrauch, bei welchem man den Durchschnittsverbrauch über eine Referenzheizperiode erhält, gilt es die Kosten auf den aktuellen Wert des Geldes anzupassen. Um angeben zu können, wie viel man heute für die verbrauchte Energie aus den vorhergehenden Jahren bezahlen müsste, muss man den Grad der Entwertung des Geldes aus dem betroffenen Zeitraum bestimmen. Dazu wird aus dem so genannten *Barwert* eines jeden einzelnen Jahres, - also der Betrag der an dessen Ende für den Energieverbrauch zu entrichten war - der *Endwert* über einen festgelegten Zinssatz berechnet. Der entsprechende Zinssatz, oder der Grad der Entwertung, kommt in diesem Fall vom Statistischen Bundesamt in *Lange Reihen*, das die Inflationsrate aus der Zeitspanne von 1951 bis 2007 wiedergegeben hat.

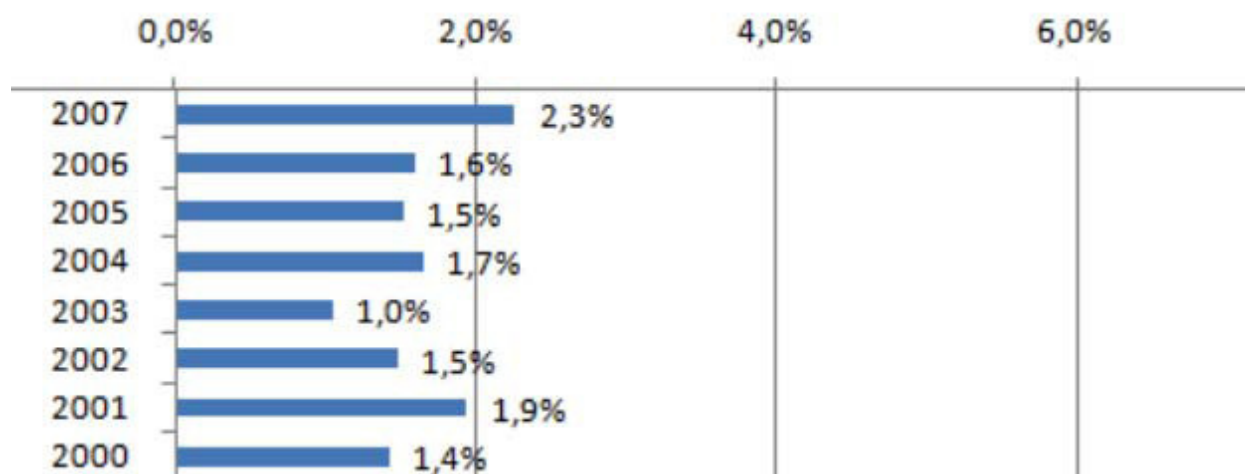


Abbildung 3.3.3.4- 13 Ausschnitt der jährlichen Inflationsrate

[Quelle: Statistisches Bundesamt, Lange Reihen]

Mit dieser Formel wird der Endwert für jedes Jahr berechnet:

$$K_n = K_0 \cdot \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$$

$K_n$  ... Endwert

$K_0$  ... Barwert (Startwert)

$p$  ..... Zinssatz in %

$n$  ..... Laufzeit in Jahren

Als Zinssatz wird der Mittelwert der jährlichen Inflationsrate vom betrachteten Jahr ab, bis hin zum aktuellen Zeitpunkt genommen. Da hier mit der gleichen Formel gearbeitet wird, mit der man auch die Zinseszinsen einer Geldanlage berechnet, erhält man den exakt gleichen Wert,

als würde man mit jeder einzelnen Inflationsrate von Jahr zu Jahr rechnen. Aus diesen Daten berechnen sich die Kosten bezogen auf den aktuellen Geldwert.

Kosten für Heizenergie:

### DVA

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$   |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
| 2006 / 08  | 19.042 €      | 1              | 2,300                              | <b>19.480 €</b> |
| 2007       | 20.510 €      | 0              | 0,000                              | <b>20.510 €</b> |

*Tabelle 3.3.3.4- 25 Heizenergiekosten, witterungskorregiert, inflationsangepasst*

Kosten für Strom:

### DVA

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$   |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|-----------------|
| 2006 / 08  | 35.085 €      | 1              | 2,300                              | <b>35.892 €</b> |
| 2007       | 36.333 €      | 0              | 0,000                              | <b>36.333 €</b> |

*Tabelle 3.3.3.4- 26 Stromkosten, inflationsangepasst*

Kosten für Wasser:

### DVA

| Jahresende | Barwert $K_0$ | Zeitspanne $n$ | Inflationsrate $p$<br>(Mittelwert) | Endwert $K_n$  |
|------------|---------------|----------------|------------------------------------|----------------|
| 2006 / 08  | 1.028 €       | 1              | 2,300                              | <b>1.052 €</b> |
| 2007       | 987 €         | 0              | 0,000                              | <b>987 €</b>   |

*Tabelle 3.3.3.4- 27 Wasserkosten, inflationsangepasst*

Da die Abrechnungen zum Jahresende hin erfolgen, wird das zu berechnende Jahr nicht bei der Zeitspanne  $n$  mitgezählt. Dies gilt auch für die Inflationsrate  $p$ . Für die Kosten des DVA-Gebäudes wird das Ersatzjahr, bestehend aus 2006 und 2008, als komplettes Jahr 2006 angesehen.

### 3.3.3.5 Kennwertbildung als Vergleichsbasis

Es ist nun der Energieverbrauch und es sind die Energiekosten der DVA unter Berücksichtigung der Witterungsunterschiede und der Inflation bereinigt worden. Allerdings lassen sich die Daten nicht ohne weiteres mit anderen Gebäuden vergleichen. Um nun also so genannte Benchmarks zu erhalten, bildet man die Jahresmittelwerte aus den bereinigten Daten und teilt diese durch die Fläche (gem. EnEV) des Gebäudes. Da im hier untersuchten Gebäude während der Datenanalyse nur die Hälfte der Bürofläche vermietete und es daher ungenutzte Flächen gab, erfolgt eine Bezugsflächenkorrektur (  $m^2$  gem. EnEV – Fläche oberirdisch/2 =  $4.537 m^2$  ). Auch wenn die Gebäude unterschiedliche technische Gebäudeausrüstungen aufweisen und man nie von gleichem Nutzerverhalten, selbst bei gleicher Nutzung, ausgehen kann, erhält man durch diese Werte eine gemeinsame Basis, mit denen man durchaus Vergleiche anstellen kann.

$$Benchmark \left[ \frac{kWh}{m^2a} \right] = \frac{\sum \frac{kWh}{a}}{Anzahl\_Jahre} \cdot \frac{1}{Fläche[m^2]}$$

| DVA     | Durchschnittswerte pro Jahr |             |
|---------|-----------------------------|-------------|
|         | Verbrauch                   | Kosten      |
| Heizung | 237.199 kWh                 | 19.995,00 € |
| Strom   | 200.791 kWh                 | 36.112,19 € |
| Wasser  | 966 m <sup>3</sup>          | 1.019,19 €  |

| DVA     | Benchmark [kWh/m <sup>2</sup> a] | } 96,54 kWh / m <sup>2</sup> a |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|
|         | NGF = 4537 m <sup>2</sup>        |                                |
| Heizung | 52,28                            | } 96,54 kWh / m <sup>2</sup> a |
| Strom   | 44,26                            |                                |
| Wasser  | 0,21                             |                                |

⇒ nicht voll belegt!

| DVA     | Benchmark [€/m <sup>2</sup> a] | } 12,37 € / m <sup>2</sup> a |
|---------|--------------------------------|------------------------------|
|         | NGF = 4537 m <sup>2</sup>      |                              |
| Heizung | 4,41                           | } 12,37 € / m <sup>2</sup> a |
| Strom   | 7,96                           |                              |
| Wasser  | 0,22                           |                              |

⇒ nicht voll belegt!

Tabelle 3.3.3.5- 28 Benchmarks DVA-Neckarstraße

### 3.3.3.6 Aufschlüsseln des Energieflusses

Der durchschnittliche Energieverbrauch für des gesamten Gebäudes ist nun erfasst und aufbereitet. Der nächste Schritt ist es, herauszufinden, wie sich die Energie im jeweiligen Gebäude verteilt. Die erste Untersuchung ist, welche Verbraucher im Gebäude vorhanden sind, und auf welche Weise man den Verbrauch herausfinden kann. Anhand folgender Fragen wird das Gebäude analysiert:

7. Welche Verbraucher können aus den Abrechnungen aufgenommen werden?
8. Welche Verbraucher müssen berechnet werden?
9. Welche Verbraucher müssen durch eigene Messungen erfasst werden?

1. Direkt übernehmen kann man nur die Energie in Form von Gas, da diese ausschließlich zum Beheizen des Gebäudes verwendet wird.

**Heizenergie = 52,28 kWh/m<sup>2</sup>a**

2. Berechnet werden kann die elektrische Leistung der RLT-Anlagen. Dies geschieht genauso wie bei dem Züblin Z-Zwo-Gebäude. Die Anlagen werden bedarfsgeregelt betrieben, also nur mit dem erforderlichen Volumenstrom. Zu beachten ist hier, dass das DVA-Gebäude nicht voll belegt ist, dies wurde bei den nachfolgenden Berechnungen berücksichtigt.

Es wird zunächst der erforderliche Luftvolumenstrom für die jeweiligen Bereiche berechnet. Dazu werden die Daten aus der DIN V 18599 – 10 verwendet. Der erforderliche Volumenstrom ist in m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> angegeben. Geteilt durch die Fläche des Bereichs erhält man das Ergebnis.

$$\dot{V}_{erf} \left[ \frac{m^3}{h} \right] = \dot{V}_{soll} \left[ \frac{m^3}{h \cdot m^2} \right] \cdot A_{Zone} [m^2]$$

Der maximale Luftvolumenstrom der RLT-Anlagen für einen Bereich wird addiert. Die Auslastung der Anlagen errechnet sich aus dem Verhältnis geforderten Luftvolumenstrom zu dem maximalen Volumenstrom der Anlagen.

$$Auslastung [\%] = \frac{\dot{V}_{erf}}{\dot{V}_{max}} \cdot 100$$



Zur weiteren Analyse wird der Faktor  $p_{Teil} = \frac{\dot{V}_{erf}}{\dot{V}_{max}}$  verwendet.

Der Gesamtverbrauch über das Jahr hinweg wird mit den Nutzungsstunden aus der DIN V 18599 – 10 für die verschiedenen Bereiche und der vermieteten Fläche der DVA-Neckarstraße berechnet.

$$W_{ges} \left[ \frac{kWh}{m^2a} \right] = \frac{P_{el} [kW] \cdot p_{Teil} \cdot t_{Nutz} [h]}{A_{DVA-vermietet}}$$

Daraus ergeben sich folgende Daten:

| Standort     | versorgt    | Zuluft |                   | Abluft |                   | DIN V 18599-10 |                        | W <sub>ges</sub><br>[kWh/m <sup>2</sup> a] |
|--------------|-------------|--------|-------------------|--------|-------------------|----------------|------------------------|--|
|              |             | [kW]   | m <sup>3</sup> /h | [kW]   | m <sup>3</sup> /h | Zone           | Nutzungs-<br>stunden/a |  |
| DG, B2       | EG - OG 4   | 15     | 16.120            | 11     | 16.120            | Büros          | 2.750                  | 6,73                                       |
| UG 2, B2     | UG 2 - UG 1 | 7,5    | 8.080             | 5,5    | 8.080             | Lager          | 2.750                  | 7,49                                       |
| DG, B1       | WC Ost      |        |                   | 0,35   | 960               | WC, Sanitär    | 2.750                  | 0,21                                       |
| <b>Summe</b> |             |        |                   |        |                   |                |                        | <b>14,43</b>                               |

Tabelle 3.3.3.6- 29 Jahresleistung der RLT-Anlagen, DVA-Neckarstraße

### **Elektrische Leistung RLT-Anlagen = 14 ,43 kWh/m<sup>2</sup>a**

Aus den technischen Unterlagen konnte eine installierte Beleuchtungsleistung von 20,65 kWh/m<sup>2</sup>a entnommen werden. Das 3. und 4. OG, die beide momentan nicht genutzt werden, sind dabei schon herausgerechnet.

### **Elektrische Leistung Beleuchtung = 20,65 kWh/m<sup>2</sup>a**

3. Gemessen wurde der Stromverbrauch der Aufzugsanlage. Im DVA-Gebäude stehen zwei Aufzüge mit einer elektrischen Leistung von jeweils 16,6 kW zur Verfügung.

| <b>Aufzug DVA</b>                 |              |
|-----------------------------------|--------------|
| <b>Uhrzeit</b>                    | <b>kWh</b>   |
| 07:00                             | 0,73         |
| 08:00                             | 0,69         |
| 09:00                             | 1,56         |
| 10:00                             | 1,22         |
| 11:00                             | 0,75         |
| 12:00                             | 1,34         |
| 13:00                             | 1,02         |
| 14:00                             | 0,74         |
| 15:00                             | 1,26         |
| 16:00                             | 1,44         |
| 17:00                             | 0,57         |
| 18:00                             | 0,37         |
| 19:00                             | 0,25         |
| 20:00                             | 0,11         |
| 21:00                             | 0,00         |
| 22:00                             | 0,05         |
| 23:00                             | 0,48         |
| <b>Summe</b>                      | <b>12,59</b> |
| <b>Gesamtlaufzeit<br/>[min/d]</b> | <b>45,49</b> |

*Tabelle 3.3.3.4- 30 Elektrischer Verbrauch Aufzüge, Züblin Z-Zwo*

Im folgenden Diagramm ist der Aufzug des DVA-Gebäudes im Vergleich mit den Aufzügen der anderen Bestandsgebäude dargestellt. Man erkennt deutlich das abweichende Betriebsprofil. Man beachte dabei, dass die beiden oberen Etagen nicht vermietet sind. Trotzdem weist der Aufzug des DVA-Gebäudes einen überraschend hohen Verbrauch auf.

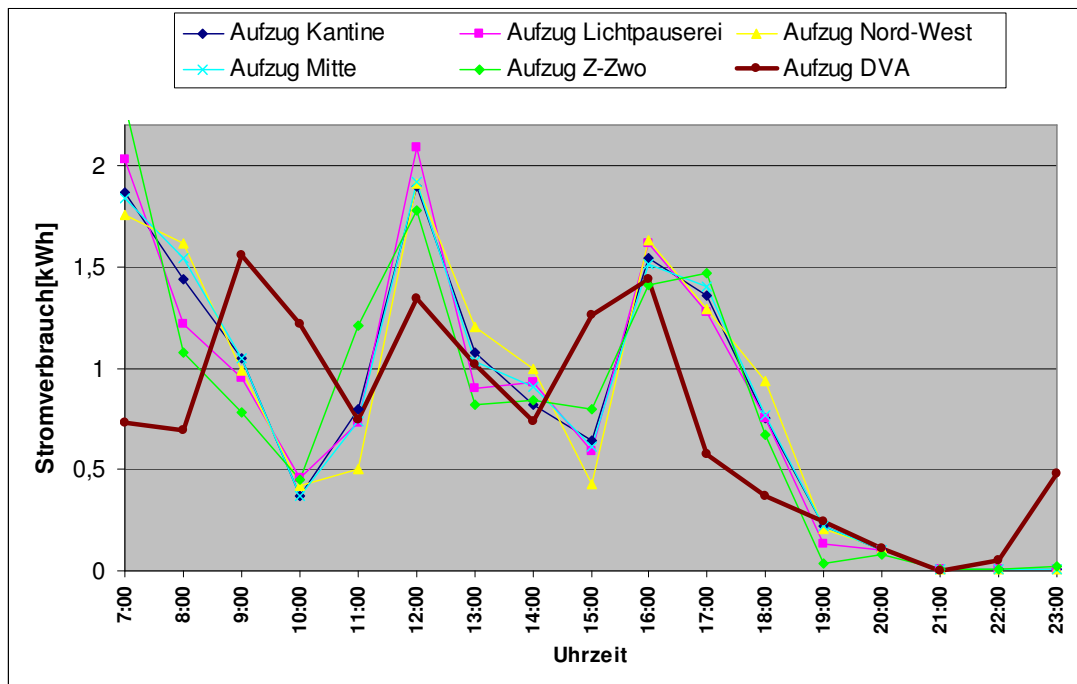


Abbildung 3.3.3.4- 14 Tagesverlauf der elektrischen Leistung der Aufzüge, DVA im Vergleich zu den Aufzügen der ZH

**Elektrische Leistung Aufzugsanlagen = 1,45 kWh/m<sup>2</sup>a**

Die Kältemaschinen werden nur für die nicht vermieteten Bereiche eingesetzt, in der Betrachtung werden diese daher nicht beachtet.

**Elektrische Leistung Kältemaschinen = 0 kWh/m<sup>2</sup>a**

Im Energieflussdiagramm stellt sich die Aufteilung der Energien wie folgt dar:

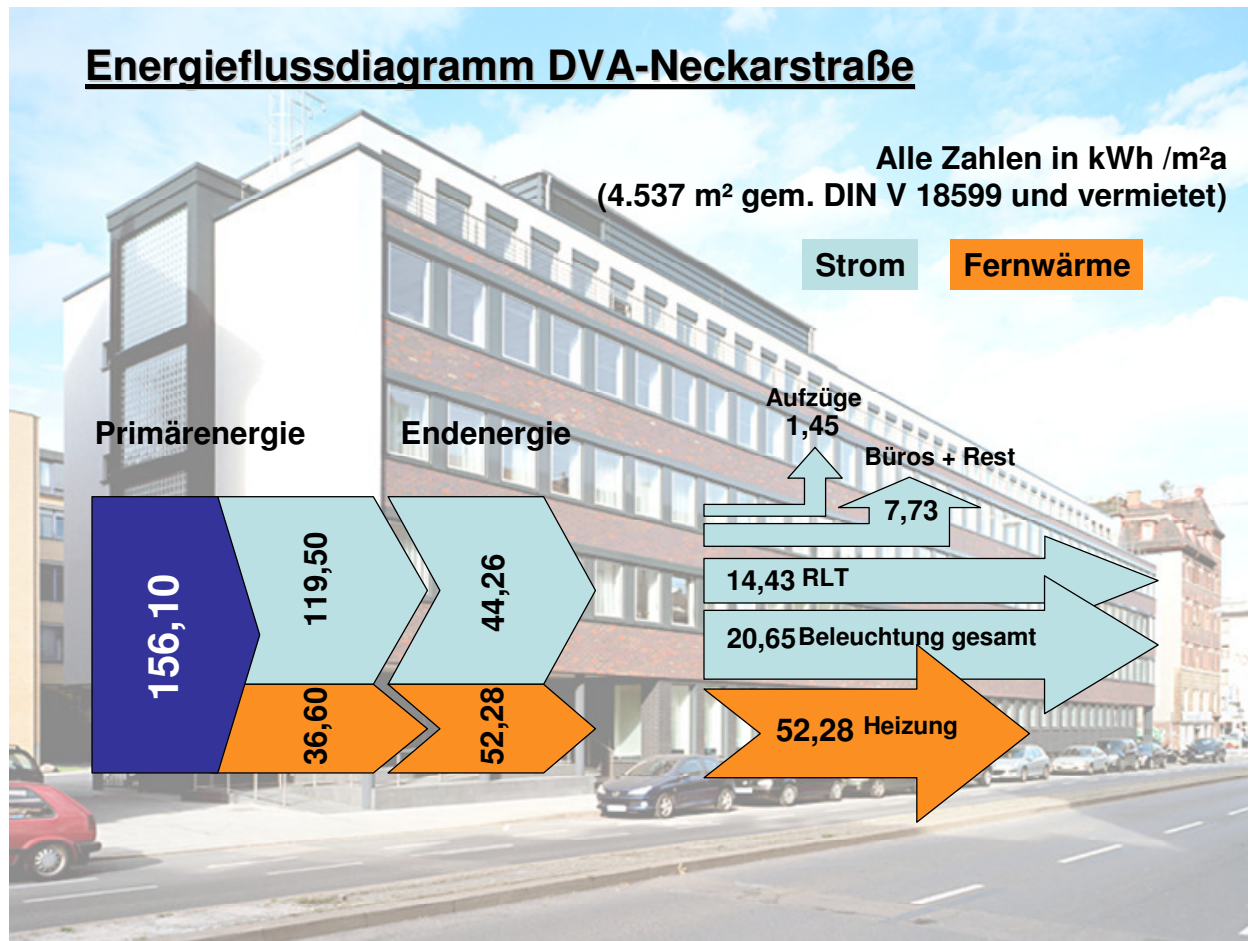


Abbildung 3.3.3.4- 15 Energieflussdiagramm DVA-Neckarstraße

### **3.4 Energetischer Status – Einzonensimulation**

#### **3.4.1 Züblin-Haus**

##### **3.4.1.1 Simulationsverfahren**

Die Untersuchungen zum thermischen Verhalten werden für das hier untersuchte Bauvorhaben mit dem Simulationsprogramm TAS durchgeführt. Es ist eine Entwicklung von EDSL Environmental Design Solutions Ltd. aus Milton Keynes England. TAS ist der Weltmarktführer im Bereich kommerzieller Gebäudesimulationssoftware. Die Erfahrung von über 20 Jahren in der Entwicklung und dem Einsatz von TAS garantiert eine hohe Rechengenauigkeit und ein Programm höchster Qualität.

Im Sinne des Programms TAS bedeutet Simulation die zeitabhängige numerische Berechnung des thermischen und energetischen Verhaltens eines Gebäudeteiles oder ganzen Gebäudes sowie der Anlagen zur Raumkonditionierung und Energieverteilung bzw. -erzeugung.

Jeglicher Form von Simulation sind jedoch auch Grenzen gesetzt, die stets beachtet werden müssen z. B. die Rechenleistung und Zeit. Auf Grund dieser Einschränkungen muss ein Modell möglichst vereinfacht und ein Nutzerverhalten vorgegeben werden.

Diese Vereinfachungen beeinträchtigen naturgemäß auch die Genauigkeit der Simulationsergebnisse. Ein Modell liefert daher nur in einem bestimmten Kontext Ergebnisse, die sich auf die Realität übertragen lassen. In anderen Parameterbereichen können die Resultate schlichtweg falsch sein. Daher ist die Verifikation der Modelle für den jeweiligen Anwendungsfall ein wichtiger Bestandteil der Simulationstechnik.

Das Programm wurde im Rahmen der vergleichenden Untersuchungen zur VDI 6020 verifiziert.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die verwendeten Rechenalgorithmen und Berechnungsergebnisse den Erfordernissen der VDI 6020 entsprechen und somit aussagekräftige Ergebnisse durch die Berechnungen erzielbar sind. Es entspricht auch den britischen Part L2 und EP Zertifizierung. Es ist weiterhin zugelassen für ASHRAE 90.1 und die LEED Zertifizierung aus den USA.

### 3.4.1.1 Grundlagen der thermischen Basis-Gebäudesimulation

Um eine Aussage über die zu erwartenden Raumtemperaturen machen zu können muss zunächst das Modell vereinfacht, die bauphysikalischen Parameter der Gebäudehülle und inneren Lasten definiert werden, die Nutzungszeit vereinbart und der zu Verwendung kommende Wetterdatensatz festgelegt werden. In den nachfolgenden Kapiteln wird diese benötigte Grundlagenannahme dokumentiert.

### 3.4.1.2 Aufbau eines 3D-Modells

Für das Züblin-Haus existieren schon einige 3D Modelle. Diese sollen zunächst untersucht werden, ob sie über die Schnittstelle gbXML direkt als Simulationsgrundlage verwendet werden können. Leider ist dies mit den vorhandenen Softwareversionen (jeweils aktuellste Version) und Modellen nur sehr eingeschränkt möglich, da die Schnittstellendefinition und Modellgrundlagen nicht zu 100% eingehalten werden. Die durchgeführte Untersuchung zeigte vor allem bei herstellerübergreifendem Datenaustausch nicht zu behebende Konflikte auf.

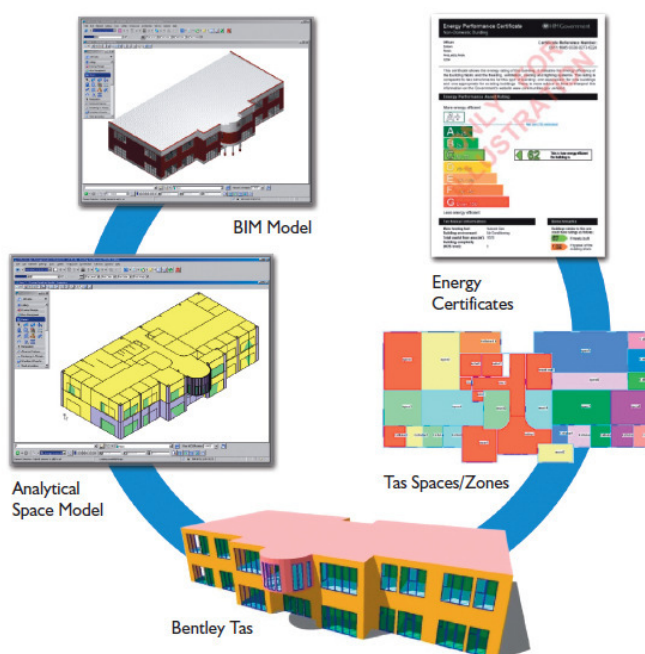
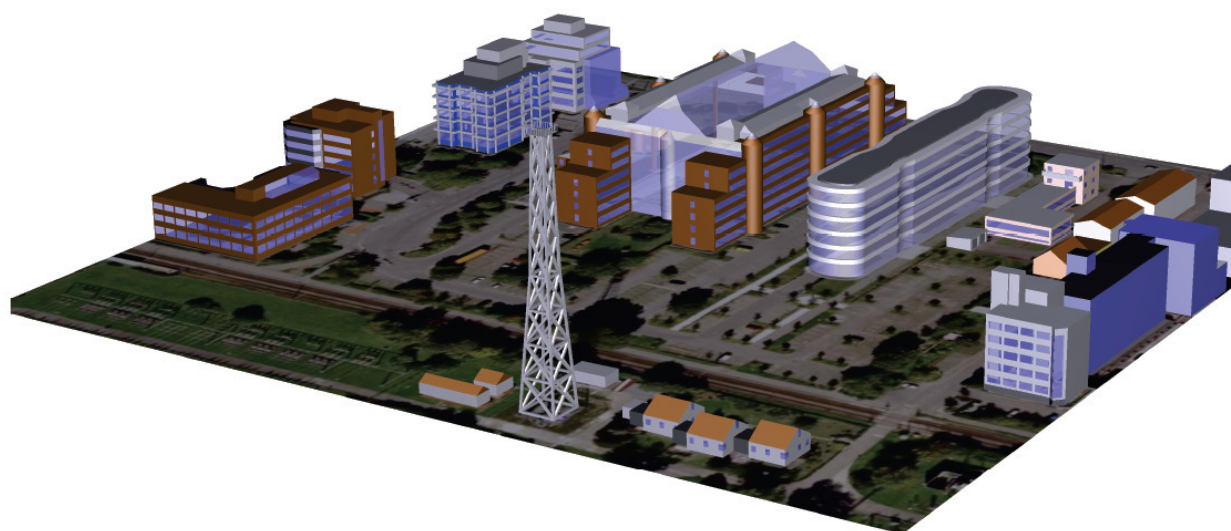


Abbildung 3.4.1.2- 16 Vorstellung des Bentley BIM umbrella (Quelle: EDSL)



Diese äußerst sinnvolle Funktion wird voraussichtlich erst mit zukünftigen Softwareversionen sicher durchgeführt werden können. Es werden daher mit dem TAS eigenen 3D-Modeller die Gebäude neu aufgebaut und für die Simulation verwendet.



*Abbildung 3.4.1.2- 17 Standortvisualisierung (5D-Gruppe)*

### **3.4.1.3 Verschattungsanalyse**

Das thermische Verhalten eines Gebäudes wird maßgeblich von äußeren Einflüssen, den bauphysikalischen Werten und dem Nutzer beeinflusst. Die äußeren Einflüsse werden hauptsächlich über die Außentemperatur und den solaren Eintrag dargestellt. Mit einer Verschattungsanalyse an einem einfachen 3D-Modell kann die Häufigkeit eines solaren Eintrags abgeschätzt und der Einfluss von Nachbarbebauung bewertet werden. Die Verschattung kann für jede Minute eines Jahrs dargestellt werden. Zur Analyse eignet sich die Ausgabe als Video.

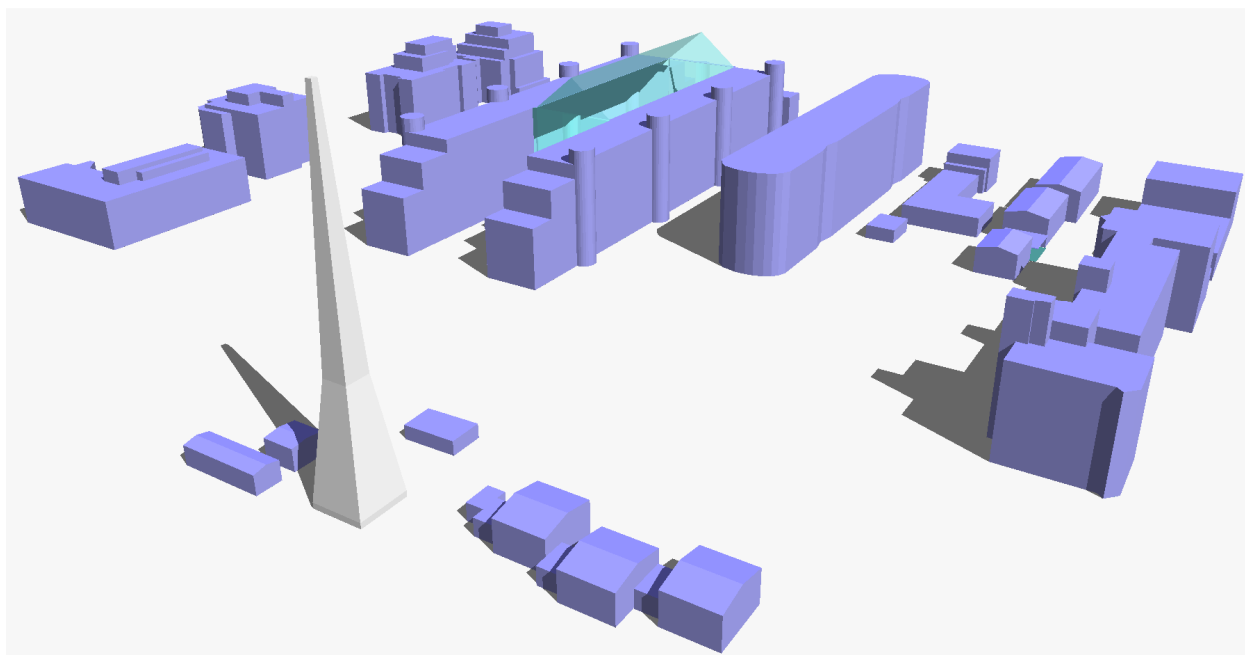


Abbildung 3.4.1.3- 18 TAS Modell zur Verschattungsanalyse (Tag 172 9:00)

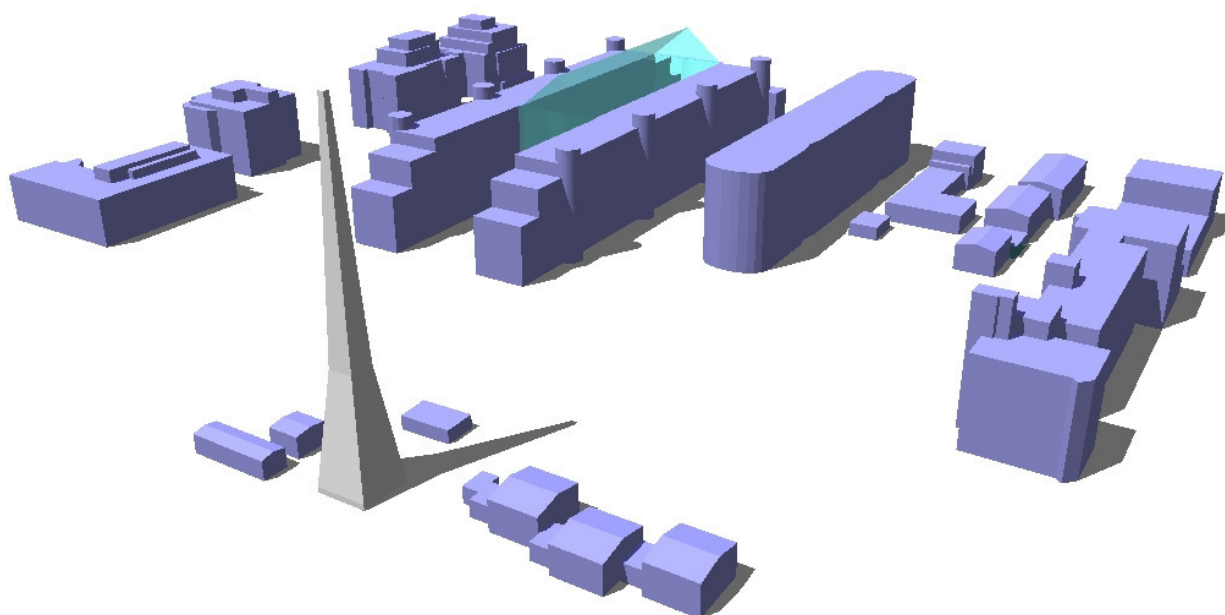


Abbildung 3.4.1.3- 19 TAS Modell zur Verschattungsanalyse (Tag 172 13:00)

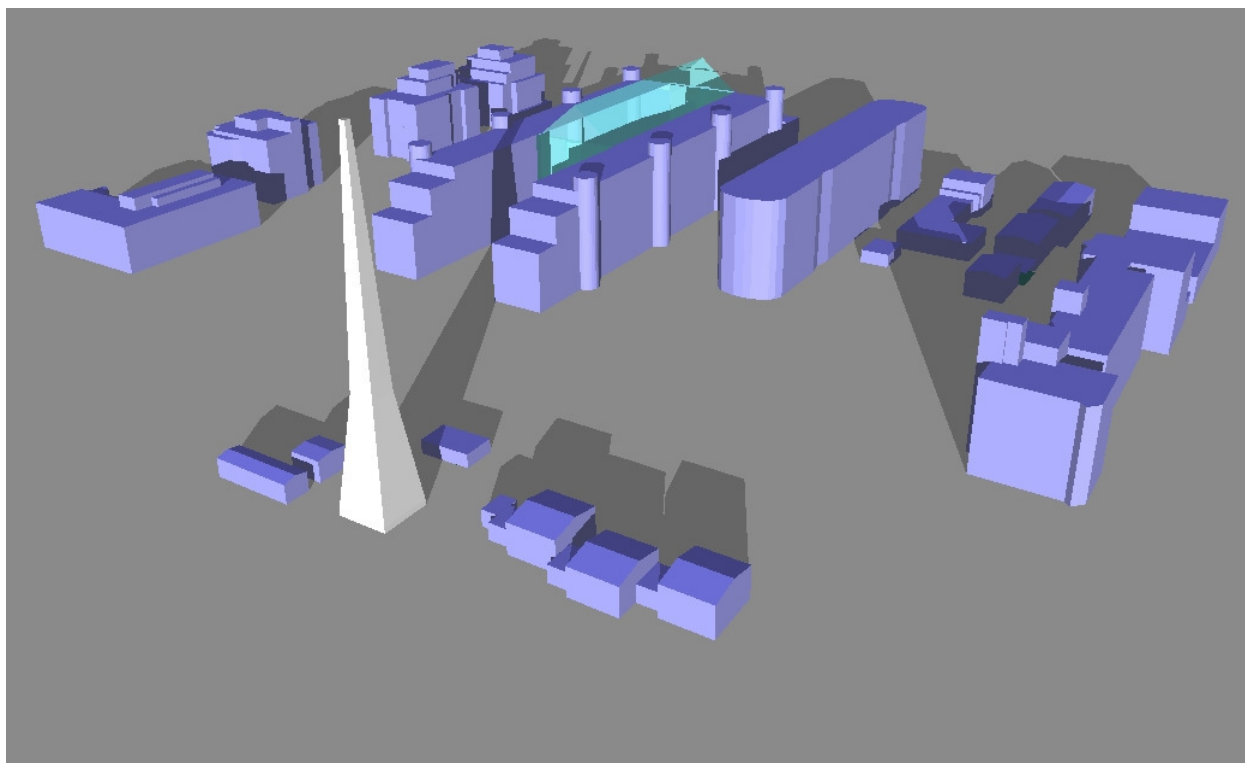


Abbildung 3.4.1.3- 20 TAS Modell zur Verschattungsanalyse (Tag 1 10:00)

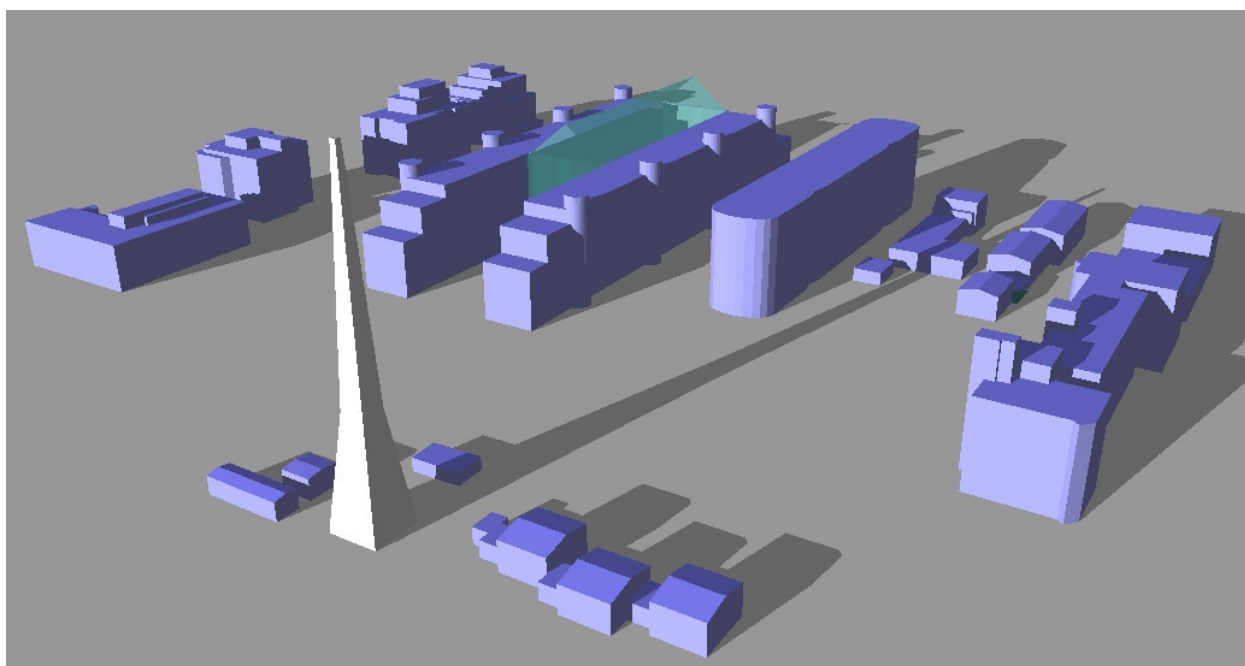


Abbildung 3.4.1.3- 21 TAS Modell zur Verschattungsanalyse (Tag 1 13:00)

### 3.4.1.4 Vereinfachung des Modells

Aufwändige 3D-Modelle vom Gebäude und der Nachbarbebauung benötigen hohe Rechnerleistungen und sind sehr zeitintensiv bei ihrer Generierung. Aus diesem Grund werden für die nachfolgenden Analysen Vereinfachungen getroffen. Die erste Einschränkung ist, dass nur ein Referenzbüro (3-Achser) ausgewertet wird. Dieses Referenzbüro entspricht einem Großteil der Büros im Züblin-Haus. Räume und Geschosse die an das Referenzbüro angrenzen, werden zur Vereinfachung identisch genutzt und konditioniert.

Das Referenzbüro ist nach Osten orientiert. Die Auswahl erfolgte aufgrund der Verschattungsanalyse und schon vorhandenen Messwerten zur Innenraumtemperatur. Diese Messwerte werden zur Modellvalidierung genutzt. Ein Vergleich mit diesen realen Messwerten lässt auch die Bewertung von zukünftigen Energieeinsparungen für die Raumheizung zu.

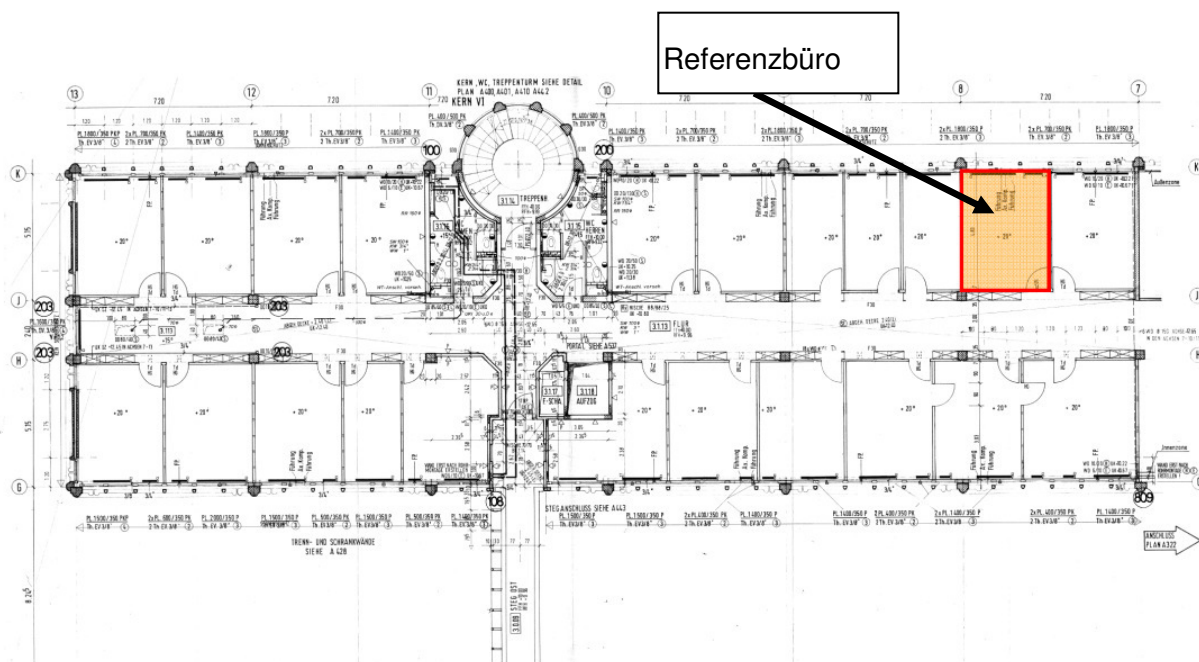


Abbildung 3.4.1.4- 22 Referenzbüro im Grundriss

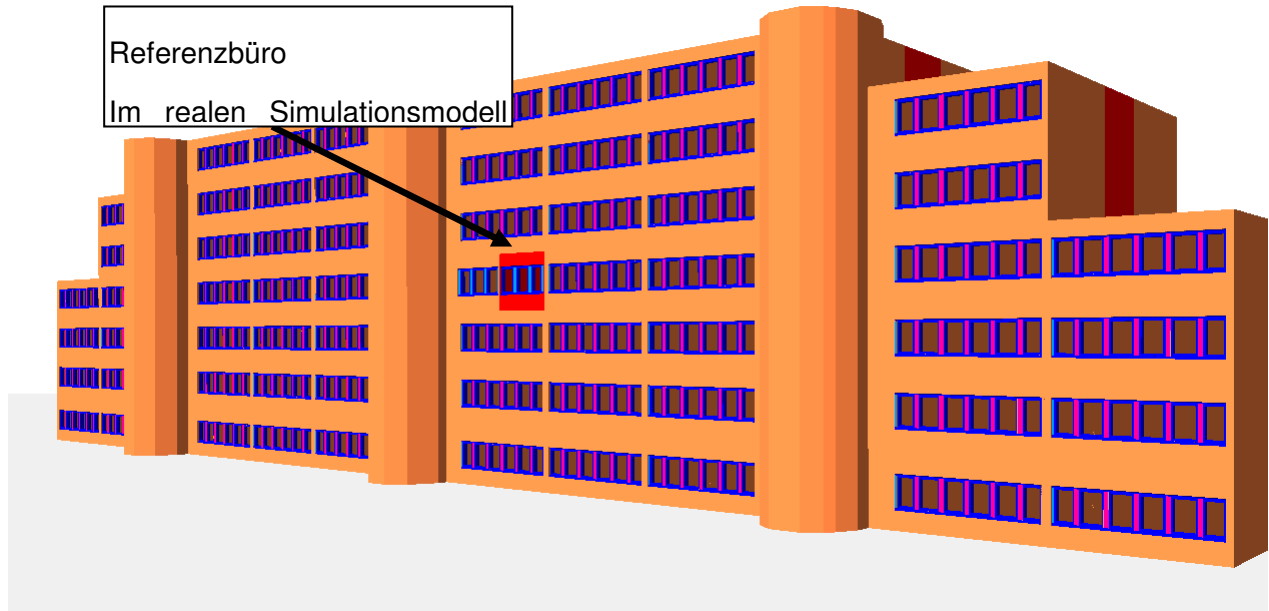


Abbildung 3.4.1.4- 23 Seitenansicht mit Markierung des Referenzbüros

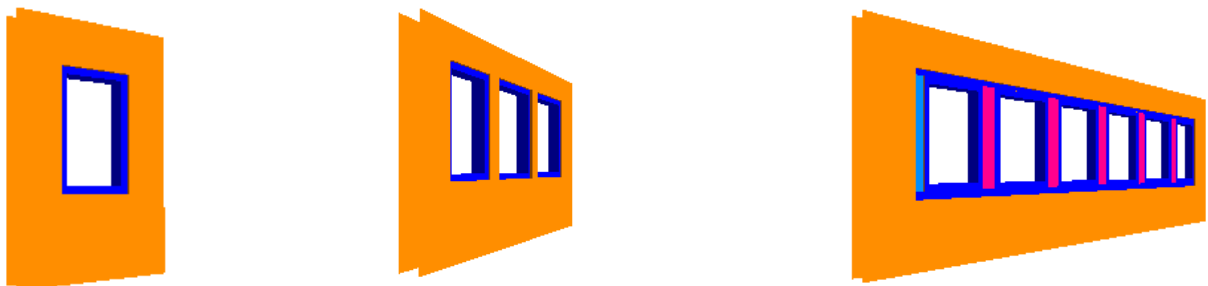


Abbildung 3.4.1.4-24 Zusammensetzung eines Fensterbands

### 3.4.1.5 Bauphysikalische Parameter

- Bauteile:
  - Außenwand:  
Sandwichwand mit Zwischendämmung
    - $U_{AW} = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>1</sup> ~ 2,2 h
  - Innenwand 10 cm:  
Ständerbauwand leicht
    - $U_{IW} = 2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>1</sup> < 1 h
  - Zwischendecke 20 cm  
Beton
    - $U_{De} = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>1</sup> ~ 1,3 h
  - Verglasung:  
2-Fach, 4/12/4
    - $U_g = 2,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - $g = 0,78$  (EN 410)
    - Tageslichttransmission 0,81
  - Verglasung mit außenliegendem Sonnenschutz (geschlossen):  
2-Fach, 4/12/4 + Markise
    - $U_g = 1,9 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - $g = 0,12$  (EN 410)
    - Tageslichttransmission 0,06
  - Fensterrahmen  
Holz
    - $U_f = 2,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

---

<sup>1</sup> Die Zeitkonstante der Speichermasse beschreibt die ungefähre Zeit, nach welcher ein thermisches Gleichgewicht verursacht durch eine plötzliche Temperaturänderung wieder erreicht wird.



### 3.4.1.6 Innere / äußere Lasten

- Außenliegender Sonnenschutz wird geschlossen, wenn Sonne auf die Fassade scheint
  - Schalterpunkt: 180 W/m<sup>2</sup>

→ weiterführende Information siehe 0
  
- Personenlastdichte im betrachteten Abschnitt:
  - 2 x je 75 Watt sensibel und 40 Watt latent (VDI 2078)  
je nach Belegungsgrad<sup>2</sup>

→ weiterführende Information siehe 0
  
- EDV-Lastdichte im betrachteten Abschnitt:
  - 2 x PC je 120 W + Drucker 10 Watt (Messung)  
je nach Belegungsgrad<sup>2</sup>

→ weiterführende Information siehe 0
  
- Beleuchtung
  - 15,1 W/m<sup>2</sup> strahlungs- und sonnenschutzabhängig

→ weiterführende Information siehe 0
  
- Infiltration von außen Luftwechsel
  - 0,2/h ganzjährig  
außerhalb der Belegungszeit

→ weiterführende Information siehe 0
  
- Mindestluftwechsel und Fensterlüftung
  - Büro bis zu 0,94/h je nach Belegungsgrad<sup>2</sup> (entspricht 20 m<sup>3</sup>/Person)

---

<sup>2</sup> Occupancy rate (Occ)

- Bei sinnvollem Temperaturunterschied wird das Fenster zum Kühlen geöffnet

→ weiterführende Information siehe 0

### 3.4.1.7 Wetterdaten

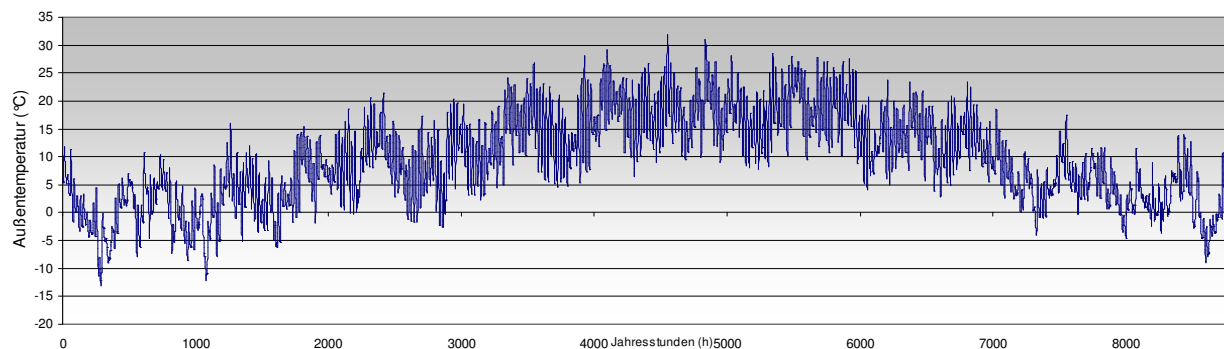
Eine Jahressimulation greift immer auf charakterisierende Wetterdaten eines definierten Standortes und Zeitraums zurück. Im Rahmen von REG wurden die Unterschiede verschiedener Wetterdatenquellen und Messwerte verglichen.

(siehe hierzu Kapitel 3.12 Wetterdaten)

Für die anschließende Simulation wurde ein Wetterdatensatz mit dem Programm Meteonorm 6.1<sup>3</sup> generiert.

- Geogr. Breite [°] = 48,68, Geogr. Länge [°] = 9,22 Höhe [m] = 396, Klimaregion = III, 3
- Strahlungsmodell = Standard (Stunde); Temperaturmodell = Standard (Stunde)
- Temperatur: Neue Periode = 1996-2005; Strahlung: Neue Periode = 1981-2000
- Rh<sup>4</sup>: Nur 4 Stationen für Interpolation;
- Nächste Station: Gh<sup>5</sup>: Stuttgart (17 km),

Nachfolgend ist der generierte Datensatz grafisch ausgewertet dargestellt:



<sup>3</sup> METEONORM 6.1 ist eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wettergenerator. Die Software ermöglicht sowohl die Berechnung von langjährigen und aktuellen Monatsmittelwerten als auch von Stundenwerten eines typischen Jahrs. Es wurde speziell für den Einsatz mit Simulationsprogrammen für Solaranlagen und Gebäuden hergestellt. Die Version 6.1 basiert auf 22 Jahren Erfahrung.

<sup>4</sup> Rh = relative Luftfeuchtigkeit.

<sup>5</sup> Gh = mittlere Bestrahlungsstärke der horizontalen Globalstrahlung

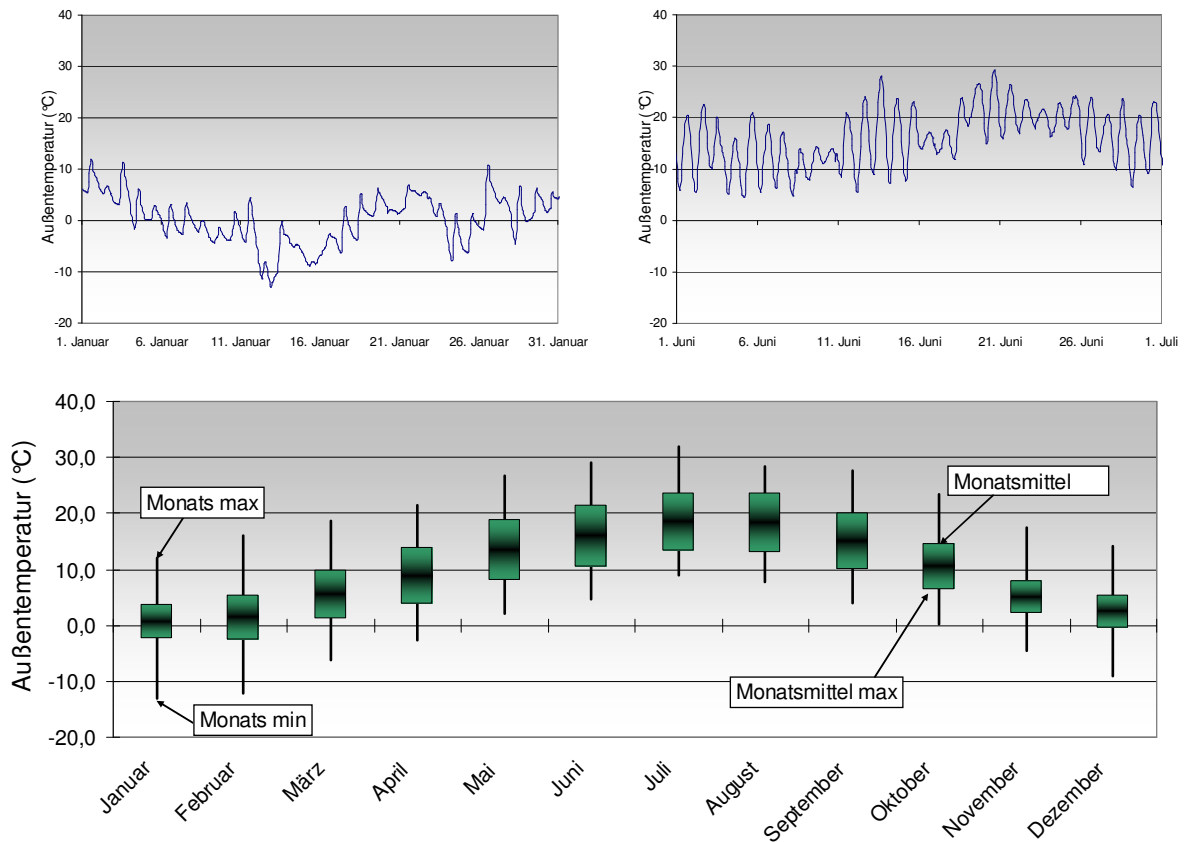


Abbildung 3.4.1.7- 25 Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

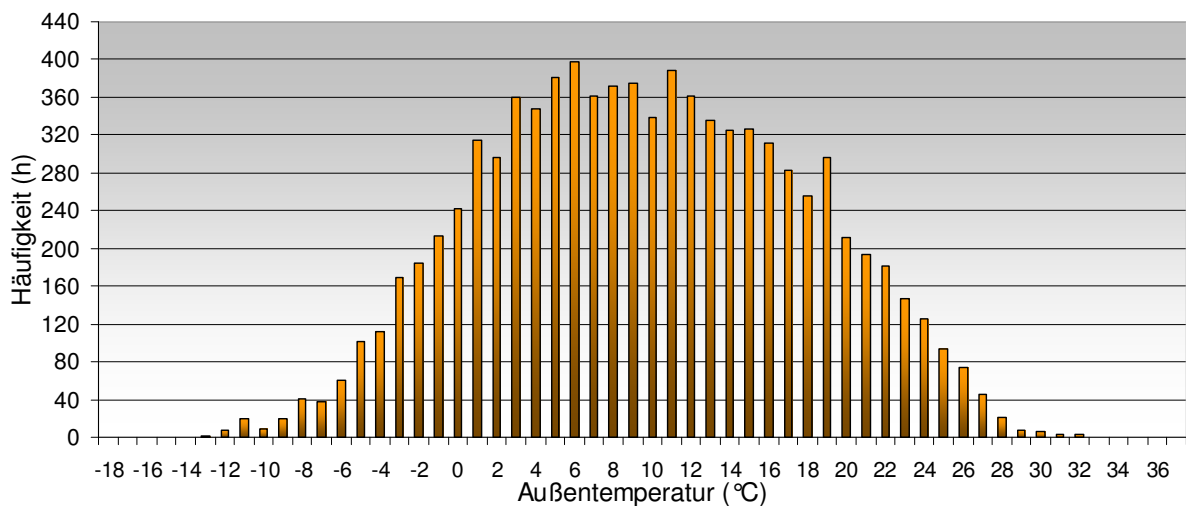


Abbildung 3.4.1.7- 26 Temperaturverteilung eines durchschnittlichen Jahres

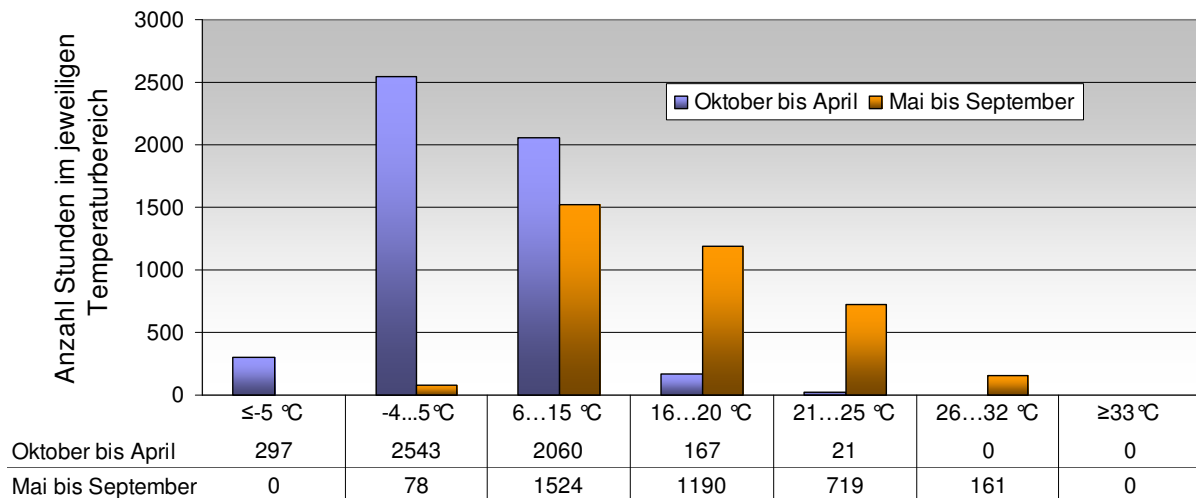


Abbildung 3.4.1.7- 27 Jahreszeitliche Temperaturverteilung eines durchschnittlichen Jahres

- **Jährliche Strahlung**
  - Direktstrahlung horizontal: 513 kWh/m<sup>2</sup>a
  - Diffusstrahlung horizontal: 586 kWh/m<sup>2</sup>a
  - → Gesamtstrahlung: 1099 kWh/m<sup>2</sup>a

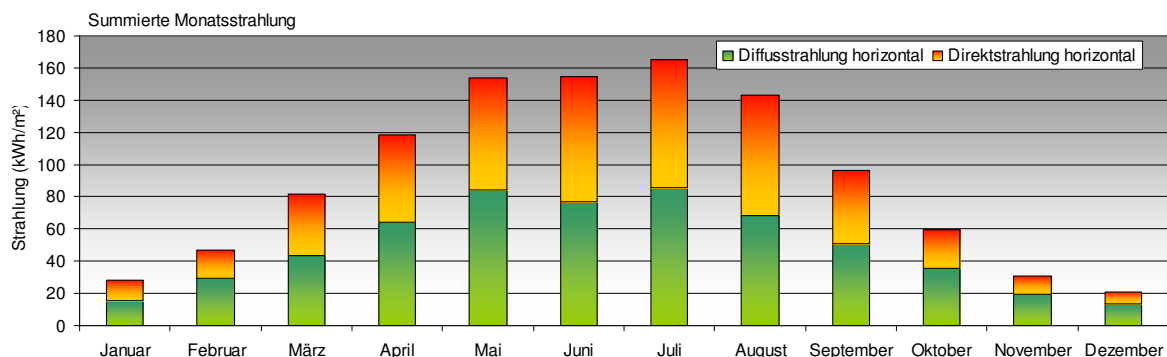


Abbildung 3.4.1.7- 28 summierte Monatsstrahlung

- **Feuchte/ Niederschlag**
  - Mittlere relative Feuchte: 72,1 %
  - Max. relative Feuchte: 100 %
  - Min. relative Feuchte: 25 %
  - Niederschlag: 732,9 mm/Jahr

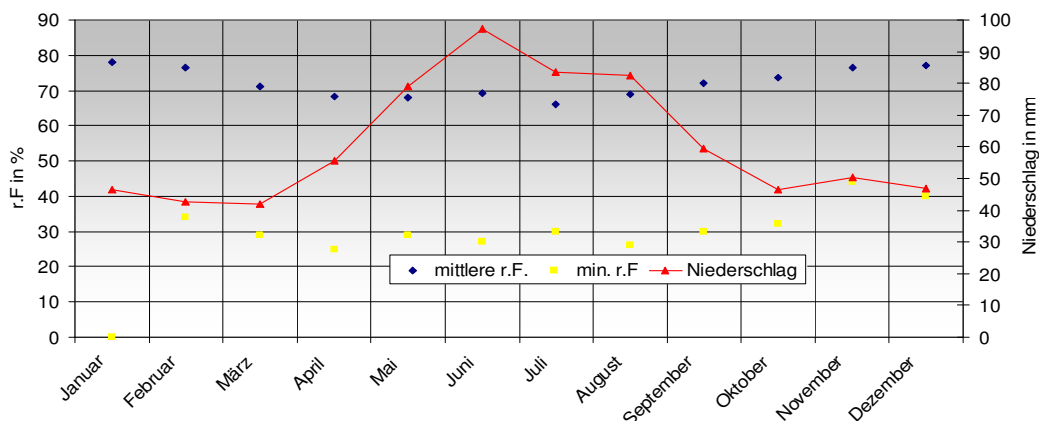


Abbildung 3.4.1.7- 29 jährlicher Niederschlags- und Feuchteverlauf

- Starkniederschlagsspenden:

Die Ermittlung der Starkniederschläge erfolgte mittels der Software KOSTRA-DWD 2000, welche basierend auf den Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienstes von 1951 bis 2000, anhand eines Regionalisierungsverfahrens, Starkniederschlagsspenden auf 1 km<sup>2</sup> Rastern bestimmt. → Niederschlagsspende r(5,5): 347,4 l/(s \* ha)

→ Niederschlagsspende r(5,100): 616,5 l/(s \* ha)

### 3.4.1.8 Detailbetrachtungen

#### Schaltung des außenliegenden Sonnenschutzes

Für eine genaue Simulation benötigt man eine Möglichkeit den Sonnenschutz witterungsbedingt öffnen und schließen zu können. Die Regelgröße ist die solare Last auf die Fensterfläche. Über eine Auswertung des verwendeten Wetterdatensatzes und der Berücksichtigung von Fensterhöhe und Ausrichtung kann diese berechnet werden.

Automatisch regelnde Sonnenschutzsystem verwenden Schaltpunkte von 120 W/m<sup>2</sup> bis 200 W/m<sup>2</sup>. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Jahresverlauf und verschiedene Zeitbezüge.

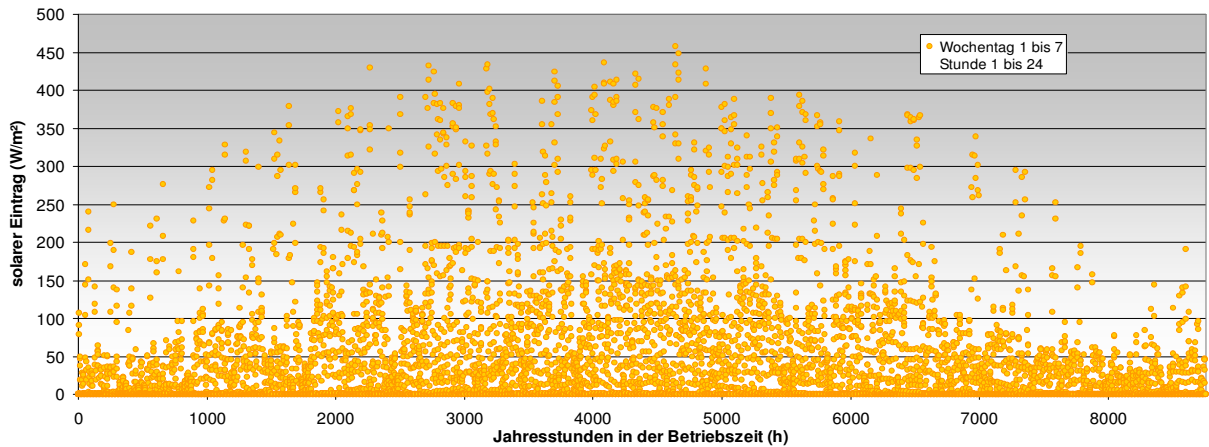


Abbildung 3.4.1.8- 30 Jahresverlauf des solareren Eintrags auf die Verglasung

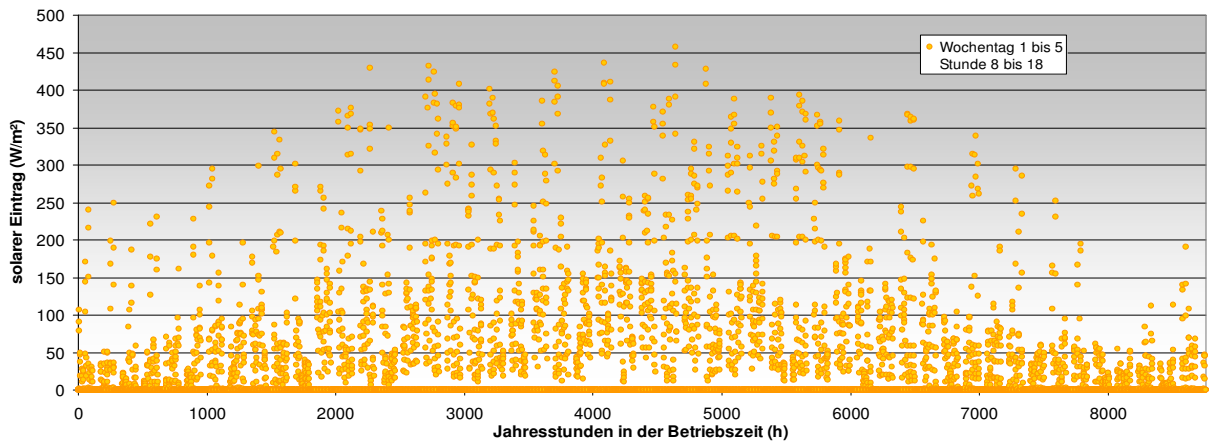


Abbildung 3.4.1.8- 31 Jahresverlauf des solareren Eintrags auf die Verglasung in der Betriebszeit



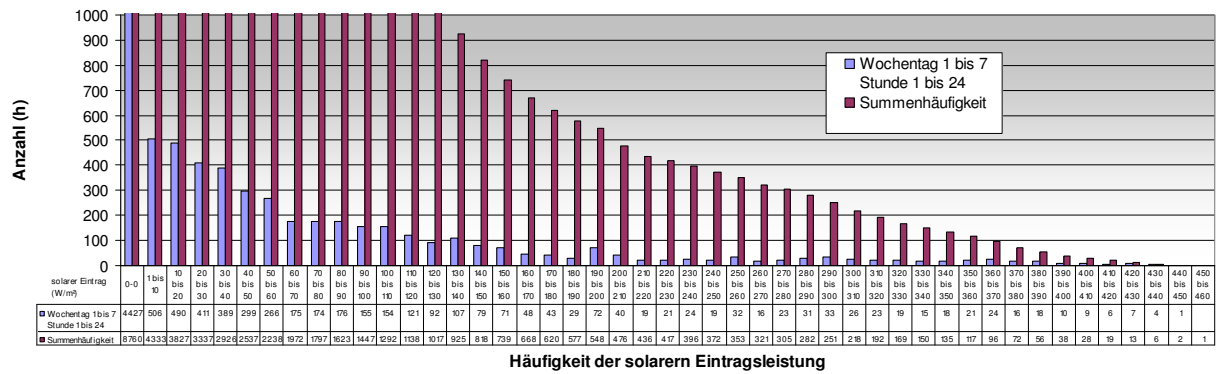


Abbildung 3.4.1.8- 32 Häufigkeiten solarer Einträge

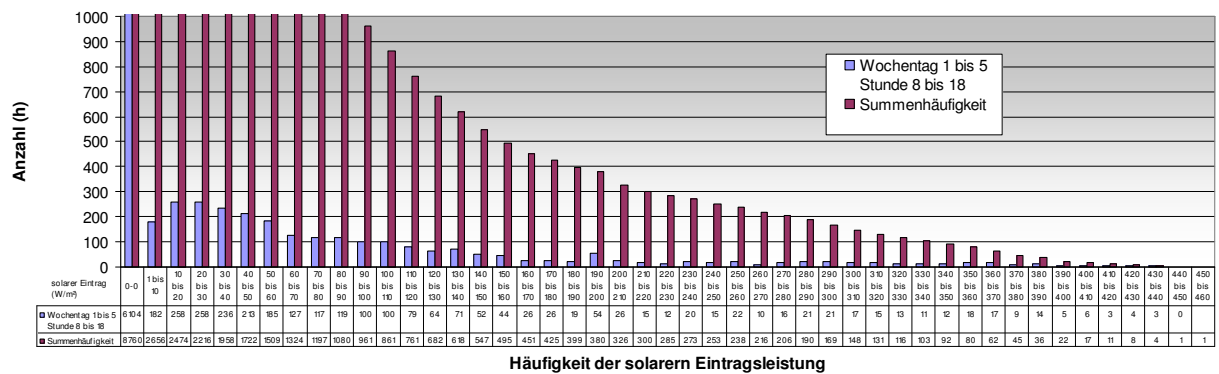


Abbildung 3.4.1.8- 33 Häufigkeiten solarer Einträge in der Betriebszeit

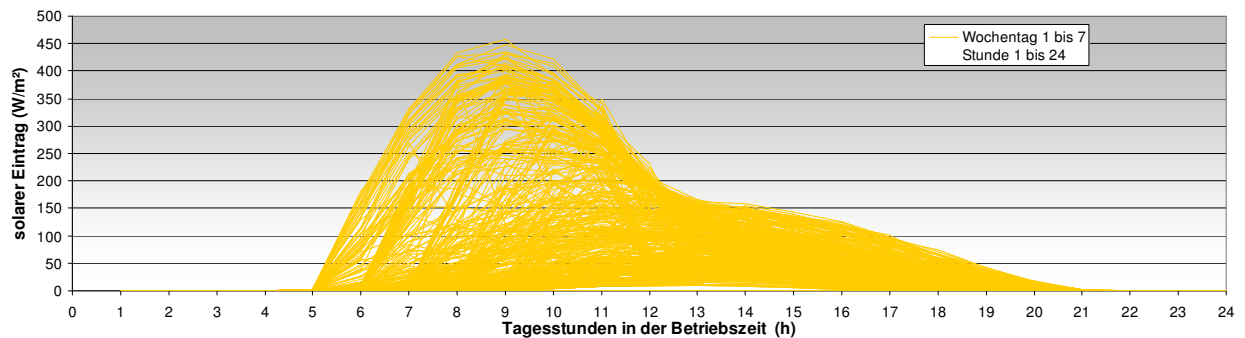


Abbildung 3.4.1.8- 34 Tagesverlauf solarer Einträge

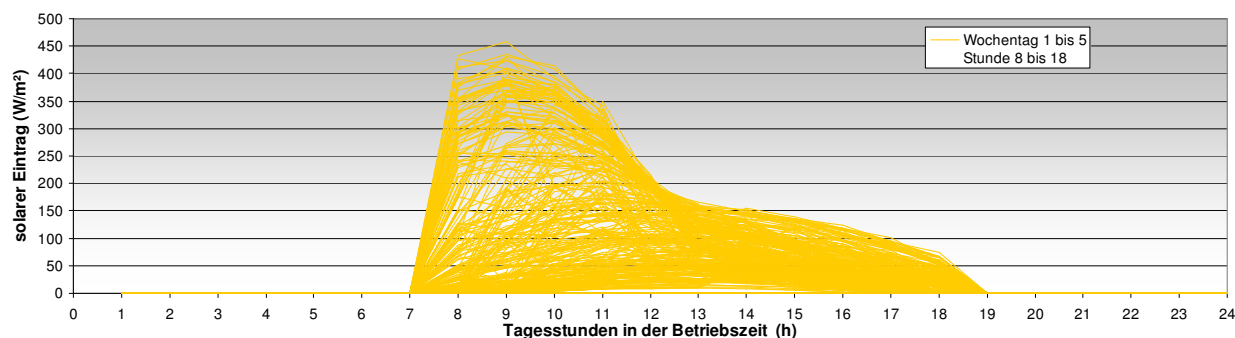


Abbildung 3.4.1.8- 35 Tagesverlauf solarer Einträge in der Betriebszeit

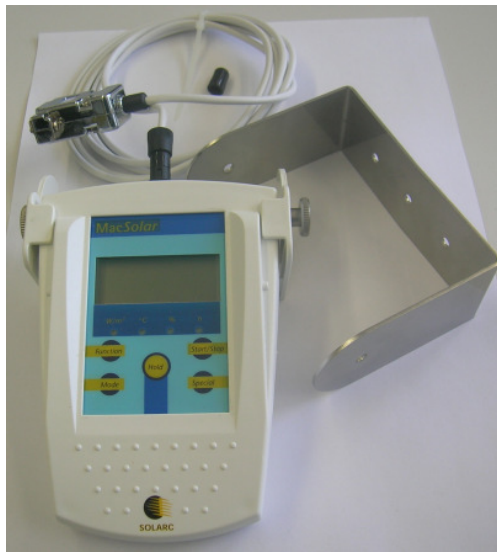
In den vorangegangenen Abbildungen ist die solare Einstrahlung verschiedenartig dargestellt. Man erkennt, dass sich ein Schwellenwert zwischen 120 W/m<sup>2</sup> und 200 W/m<sup>2</sup> für einen Gebäudebetrieb eignet.

Der Tagesverlauf der solaren Einstrahlung (Abbildung 3.4.1.8- 34 und Abbildung 3.4.1.8- 35) zeigt deutlich, dass es auf Grund der Ostausrichtung vormittags zu sehr hohen Werten kommt. Gerade die Zeit vor 9:00 trägt zur Aufheizung des Büros bei. Für die energieeffiziente Nutzung sollte daher der Sonnenschutz schon vor Sonnenaufgang geschlossen werden.

Für die folgende Simulation wird der Schwellenwert mit 180 W/m<sup>2</sup> angenommen. Dieser Wert stellt einen guten Kompromiss zwischen Sonnenschutz und der Durchsicht zur Umwelt dar.

Aus Abbildung 3.4.1.8- 33 kann man entnehmen, dass der Sonnenschutz bei dem angenommenen Schwellenwert von 180 W/m<sup>2</sup> 399 h im Jahr geschlossen ist. Die reine Arbeitszeit im Büro beträgt  $(8+1(\text{Mittag}))h \cdot 5 \cdot 46w = 2.070 \text{ h}$ . Der Sonnenschutz ist daher ca. 20 % in der Arbeitszeit geschlossen – dies wird im allgemeinen vom Büronutzer akzeptiert.

Im Rahmen von REG wurde mit einem Strahlungsmessgerät die real auftreffende Strahlung gemessen. Zeitgleich wurde vom Nutzer die Bedienung des Sonnenschutzes notiert. Die Auswertung zeigt eine deutliche Trägheit der Sonnenschutznutzung. Die Verwendung von automatischen System wird unbedingt empfohlen.



**4. Technische Daten**

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| Meßbereiche / Auflösung:         | siehe Tab. 1   |
| Max. Abweichung $P_{tot}$ :      | < 3% ± 1digit im Bereich 50 ... 1000 W/m <sup>2</sup><br>(AM1,5 / Einstrahlung in Normalachse,<br>T = 0 ... +50°C) |
| Max. Abweichung T:               | < 3K ± 1digit im Bereich -25 ... +75 °C<br>optional < 1K ± 1digit  |
| Leistungsbedarf (sleep mode):    | 0,6 mW   |
| Leistungsbedarf (active mode):   | 4 mW   |
| Nennleistung integr. Solarmodul: | 180 mW <sup>*</sup>  |
| Datenspeicherkapazität:          | 64 kbit  |
| Datenübertragung:                | seriell (RS232)  |
| Umgebungstemperaturbereich:      | -20 ... +50 °C   |
| Max. Feuchte:                    | 95 %   |
| Abmessungen (ohne Halterung):    | 130 x 90 x 30 mm   |
| Gewicht (ohne Halterung):        | 170g   |
| Zertifizierung / Grundnormen:    | CE/ EN50081, EN50082, EN60068  |
| Kalibrierung:                    | nach IEC904/3  |

Abbildung 3.4.1.8- 36 MacSolar – Strahlungsmessgerät

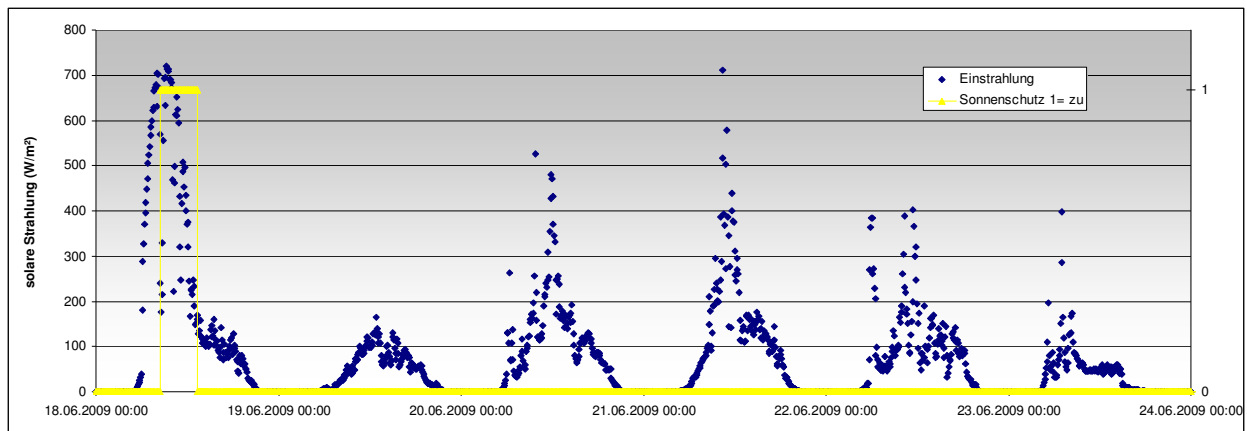


Abbildung 3.4.1.8- 37 Messverlauf und reales Verhalten

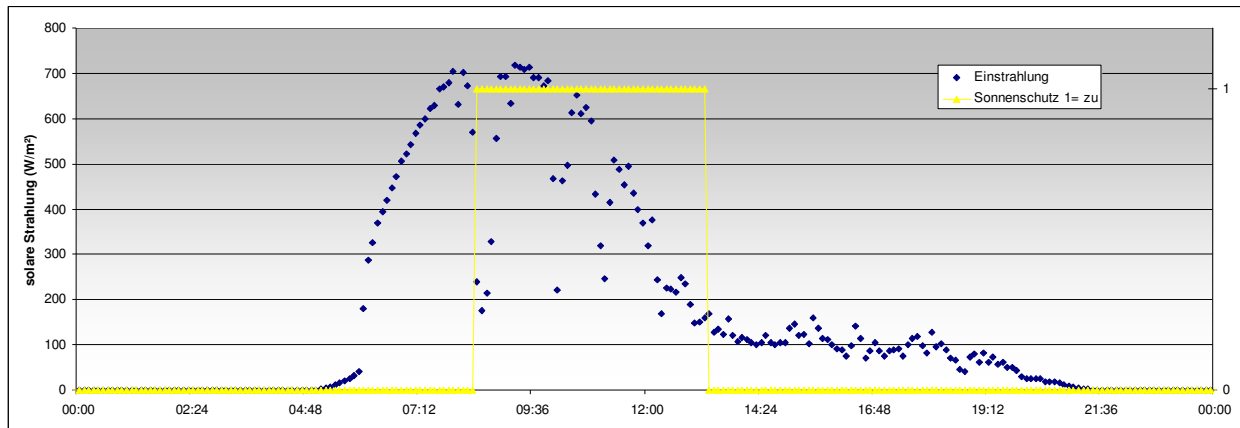


Abbildung 3.4.1.8- 38 Tagesauszug Messverlauf und reales Verhalten

Aus der *Abbildung 3.4.1.8- 37* und *Abbildung 3.4.1.8- 38* erkennt man sehr deutlich, dass ein manuelles Bedienen zu einer sehr ineffektiven Sonnenschutz führen kann. Die bedienende Person schließt bei Arbeitsbeginn den Sonnenschutz – leider ist bei der gewählten Ostausrichtung ein großer Teil der solaren Tageslast schon in den Raum gelangt.

#### Verwendetes Nutzerprofil

in Anlehnung an EN 15232 (Energieeffizienz von Gebäuden) wurde nachfolgend ein Nutzungsprofil für Montag bis Freitag mit den jeweilig resultierenden Lasten erstellt.

Am Wochenende findet keine Nutzung statt.

Wie im Diagramm zu erkennen ist, werden die jeweilig ermittelten Maximallasten mit dem Belegungsgrad (Occ) multipliziert. Das so auf eine durchschnittliche Büronutzung reduzierte Profil lässt eine Bewertung der Jahresenergiemenge zu.

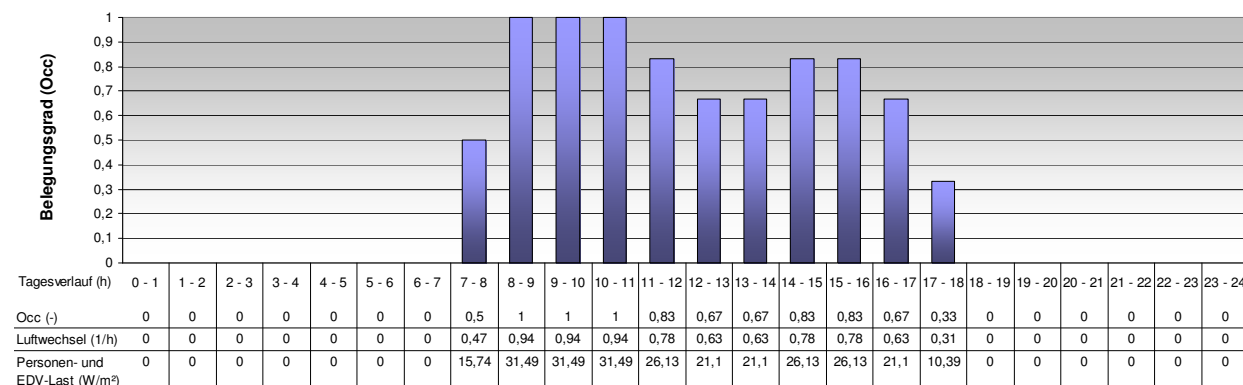


Abbildung 3.4.1.8- 39 Nutzungsprofil für das Referenzbüro

### Konditionierung

- Mindesttemperatur während der Belegungszeit: 21 °C
- Mindesttemperatur außerhalb der Belegungszeit: 21 °C
- Mindesttemperatur am Wochenende: 21 °C
- Flure unbeheizt

### Beleuchtung

- Bürozone: 15,2 W/m² (installierte Leistung)

Die Beleuchtung erfolgt durch manuelles Einschalten in der Zeit Mo-Fr 7:00-18:00 Uhr. Für die Simulation werden zunächst strahlungsabhängige Schaltzyklen generiert. Grundlage dieser Schaltaktionen sind Strahlungswerte der verwendeten Wetterdaten, ein mittlerer Tageslichtquotient<sup>6</sup> von 4,6 % (Berechnung mit Relux siehe Anlage: REG-2A-3-4-2-9-Anlage1-MG-Tageslichtquotient.pdf) und eine Zielbeleuchtungsstärke von 500 Lux im Arbeitsbereich. Bei geschlossenem Sonnenschutz wird davon ausgegangen, dass 50 % der Beleuchtung aktiviert wird.

Diese Annahmen führen zu folgenden Schalthäufigkeiten:

<sup>6</sup> Das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke an einem gegebenen Punkt im Innenraum zur unverschatteten Beleuchtungsstärke im Freien, unter dem gleichen bedeckten Himmel.

- 1.193 Jahresstunden zu 100 % aufgrund von zu geringem Tageslichtanteil
- 203 Jahresstunden zu 50 % aufgrund von geschlossenem Sonnenschutz

Die Kombination beider Bedingungen lässt sich grafisch wie folgt darstellen:

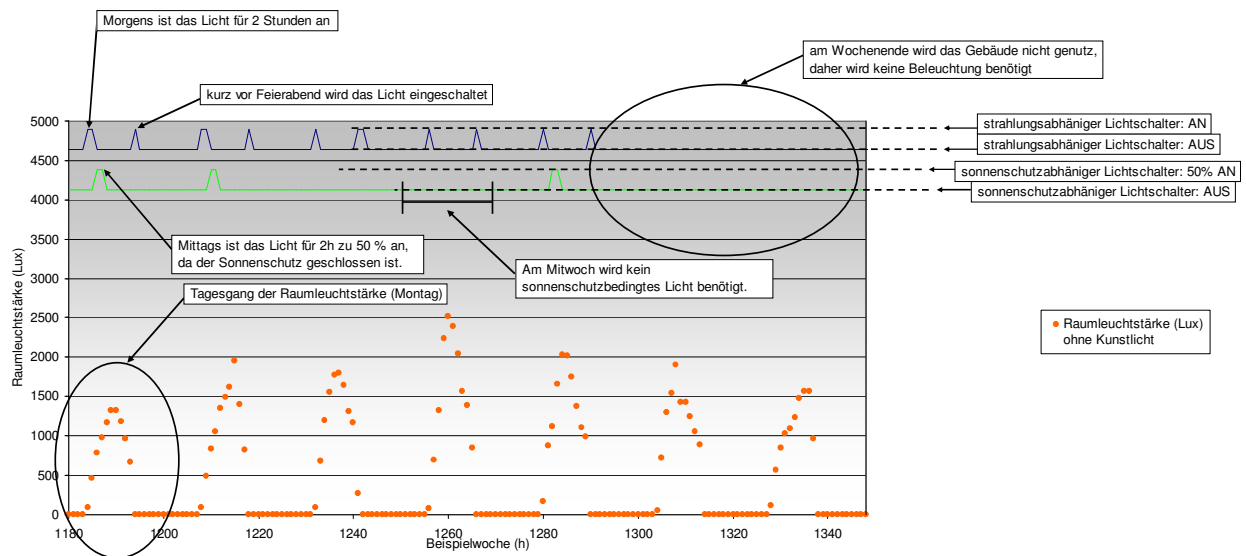


Abbildung 3.4.1.8- 40 Erläuterung für die folgenden Diagramme



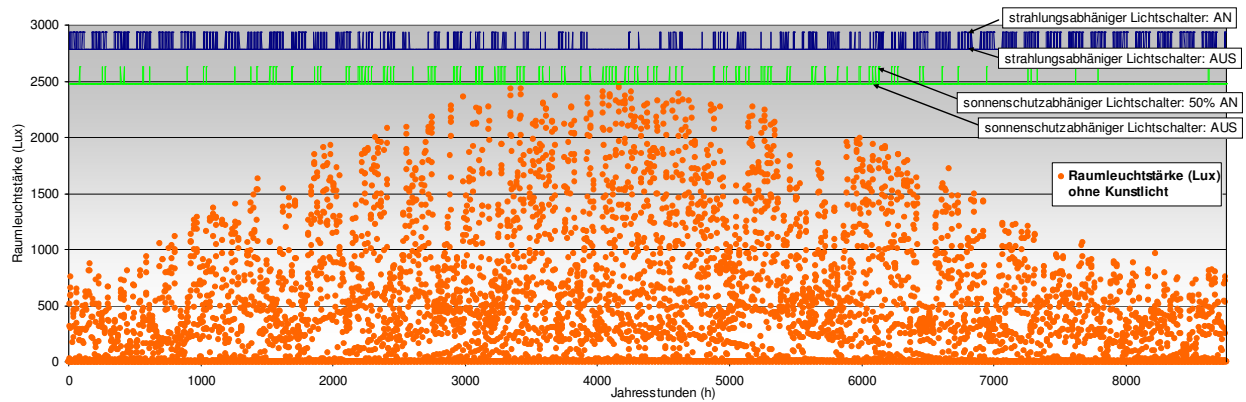


Abbildung 3.4.1.8- 41 Jahresverlauf der Raumleuchtstärken- und Sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

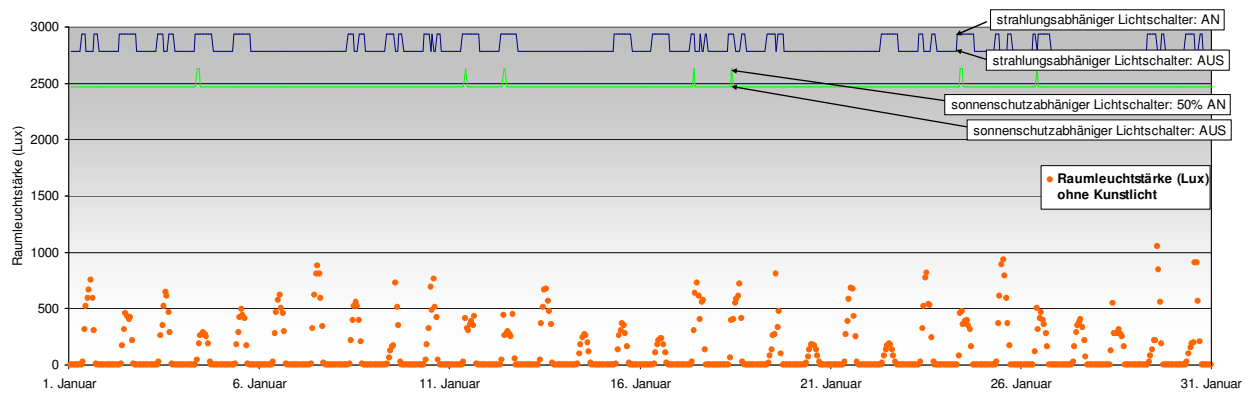


Abbildung 3.4.1.8- 42 Januarverlauf der Raumleuchtstärken- und Sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

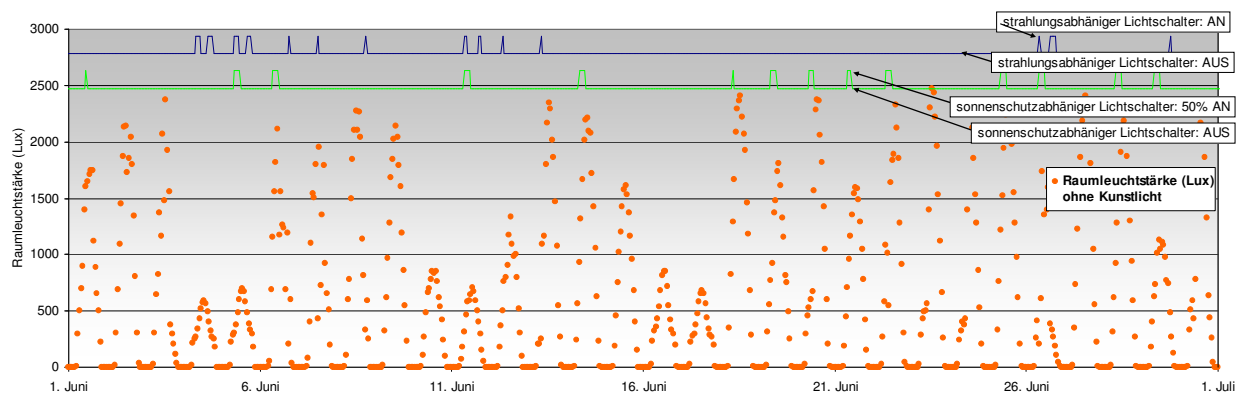


Abbildung 3.4.1.8- 43 Juniverlauf der Raumleuchtstärken- und Sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

### Mindestvolumenstrom und Fensterlüftung

- Mindestluftwechsel: 20 m<sup>3</sup>/Person
- Infiltration 0,2 1/h
- 2 Personen im Büro gem. Belegungsgrad
- Fenster wird temperaturabhängig zum Kühlen gekippt (15°)

Das nachfolgende Regelverhalten soll die vorliegende natürliche Belüftung der Büros darstellen:

Der Nutzer beginnt das Fenster zu kippen wenn die Temperatur im Raum 22°C erreicht. Bei 24°C ist das Fenster auf 15° gekippt. Wenn die Außentemperatur höher als die Raumtemperatur ist, wird das Fenster wieder geschlossen. Wenn der Wind stärker als 6 m/s ist, wird das Fenster geschlossen. Das Fenster ist das gesamte Wochenende geschlossen (Einbruchschutz).

Der durch das Fenster erreichte Luftwechsel im Raum wird mit dem Mindestluftwechsel verglichen. Wird der Mindestluftwechsel durch das temperaturabhängige Lüften nicht erreicht, wird die fehlende Luftmenge nachgeschoben.

Es herrscht grundsätzlich ein Mindestluftwechsel von 0,2 1/h durch Infiltration.

Das Zusammenspiel der verschiedenen Lüftungsarten wird für exemplarische Winter und Sommertage bei den jeweiligen Detailbetrachtungen am Ende der Simulationsläufe graphisch dargestellt.

### **3.4.1.9 Beschreibung der Simulationen**

Um verschiedene Simulationsläufe miteinander vergleichen zu können, muss zunächst eine Basissimulation durchgeführt werden. Auf dieser aufbauend werden Änderungen benannt und vorgenommen um z. B. unterschiedliche Nutzung bzw. Varianten darzustellen.

Das Referenzbüro gemäß des in Kapitel 3 beschriebenen Profils dargestellt (Basissimulation). Als Vergleich wird das Büro auch im Leerstand d.h. nur Minimalheizung berechnet (Variante 1).

Im Rahmen der Nullmessung sind Temperatur- und Feuchteaufzeichnungen gemacht worden. Die so erlangten Messwerte werden in Variante 2 (Außentemperatur und –Feuchte) in den verwendeten Meteoronorm-Wetterdatensatz im Stundenmittel ergänzt. Die Variante 3 baut auf Variante 2 auf. Zusätzlich werden als Heizzielwerttemperatur des Referenzbüros gemessene Raumtemperaturen verwendet. Das Ziel der Variante 3 ist es unnötigen Mehrverbrauch zu quantifizieren.

### 3.4.1.10 Basissimulation

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3.4.1.1.

#### Temperaturverläufe

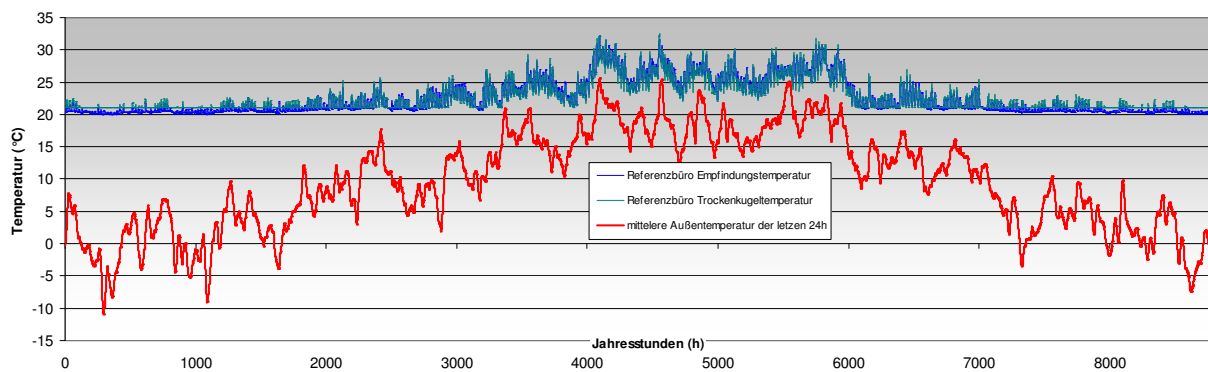


Abbildung 3.4.1.10- 44 Basissimulation Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

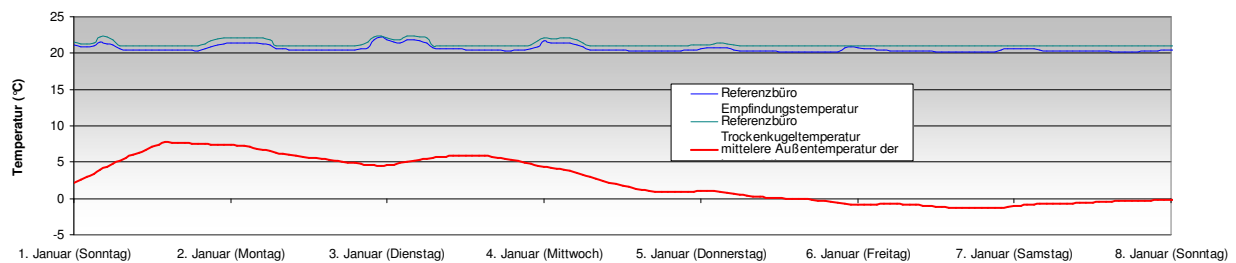


Abbildung 3.4.1.10- 45 Basissimulation: Temperatur in Januarwoche

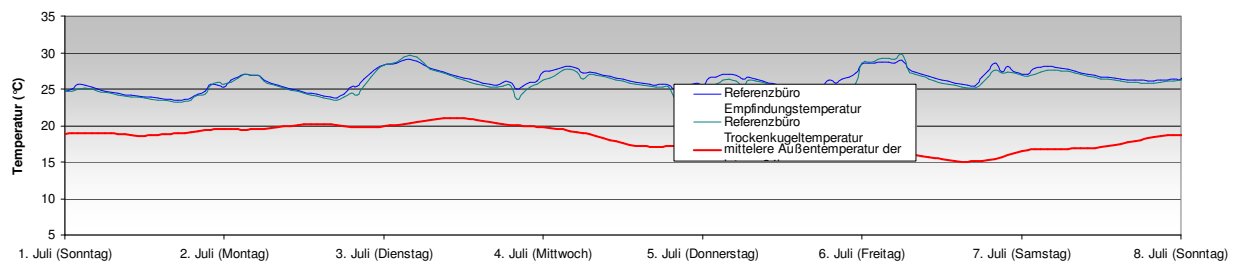


Abbildung 3.4.1.10- 46 Basissimulation: Temperatur in Juliwoche

Temperaturlauswertungen

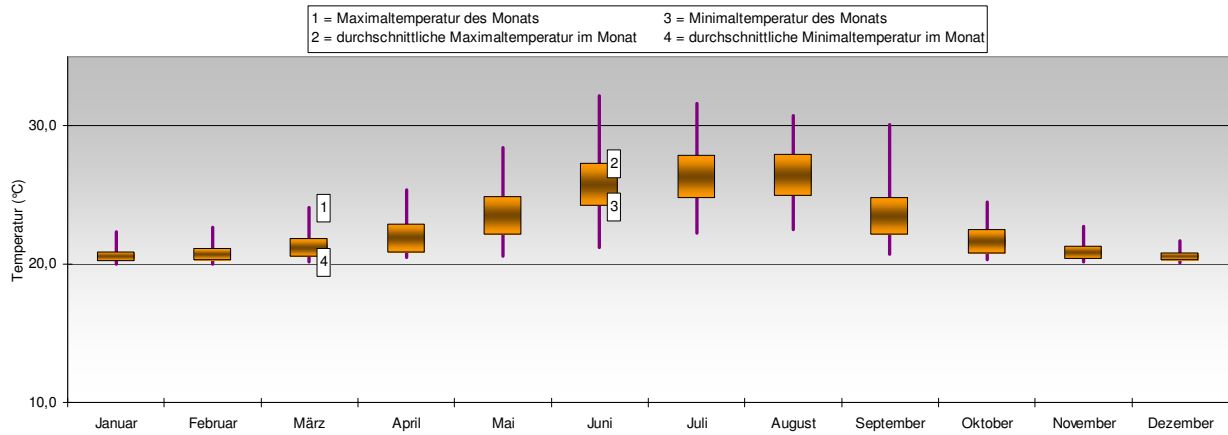


Abbildung 3.4.1.10- 47 Basissimulation: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

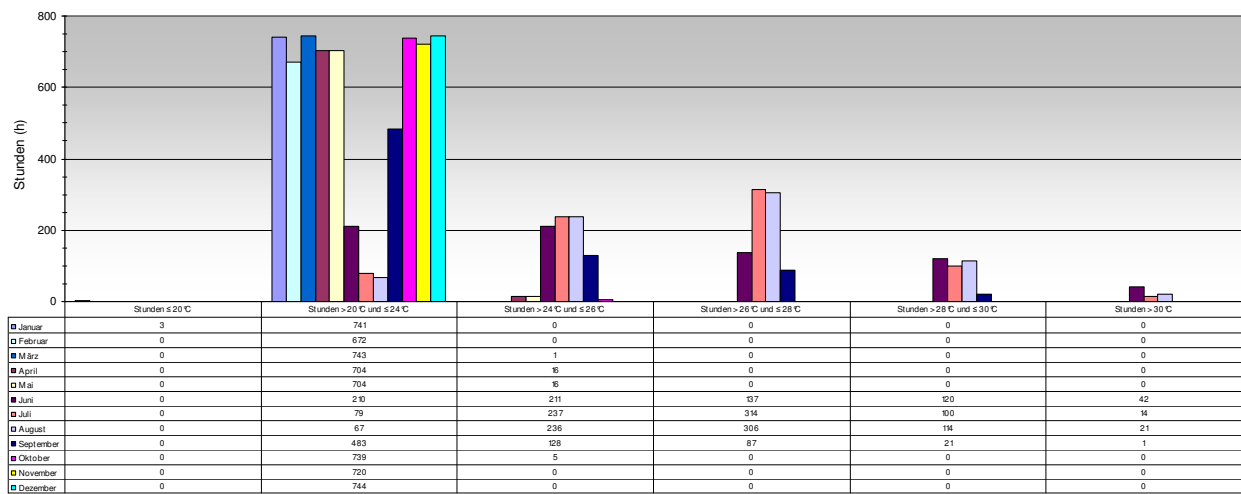


Abbildung 3.4.1.10- 48 Basissimulation: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Lufttemperatur<br>(°C)  | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 498               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 470               | 2373                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 761               | 1903                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 351               | 1142                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 147               | 791                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 146               | 644                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 139               | 498                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 110               | 359                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 94                | 249                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 83                | 155                     |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 49                | 72                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 14                | 23                      |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 9                 | 9                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Empfindungstemperatur<br>(°C)   | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 746               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 503               | 2125                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 435               | 1622                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 257               | 1187                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 227               | 930                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 146               | 703                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 136               | 557                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 135               | 421                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 154               | 286                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 66                | 132                     |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 53                | 66                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 10                | 13                      |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 3                 | 3                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

Abbildung 3.4.1.10- 49 Basissimulation Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur

Kategoriedarstellung gem. EN 15251

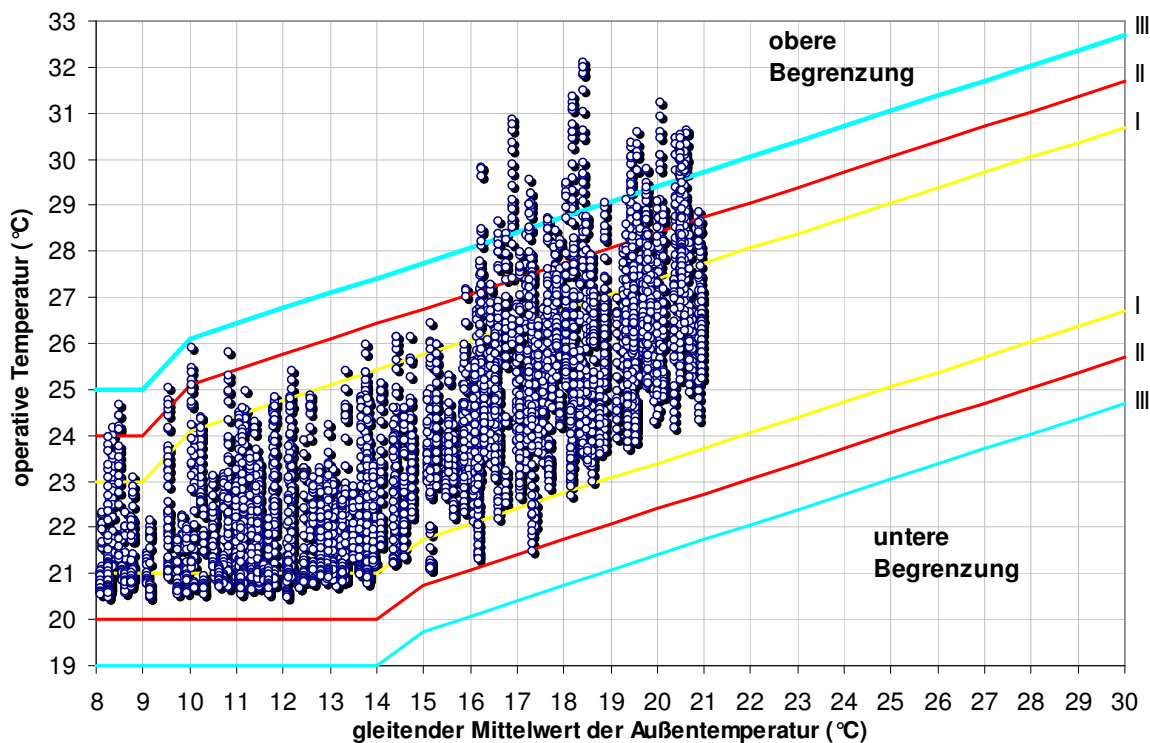


Abbildung 3.4.1.10- 50 Basissimulation Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur



Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1496             | 465               | 174                |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 17,1%            | 5,3%              | 2,0%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 827              | 329               | 140                |
| Stunden gesamt     | 3132             | 3132              | 3132               |
| Überschreitung (%) | 26,4%            | 10,5%             | 4,5%               |

Lastauswertungen



Abbildung 3.4.1.10- 51 Basissimulation Jahreslastverteilung

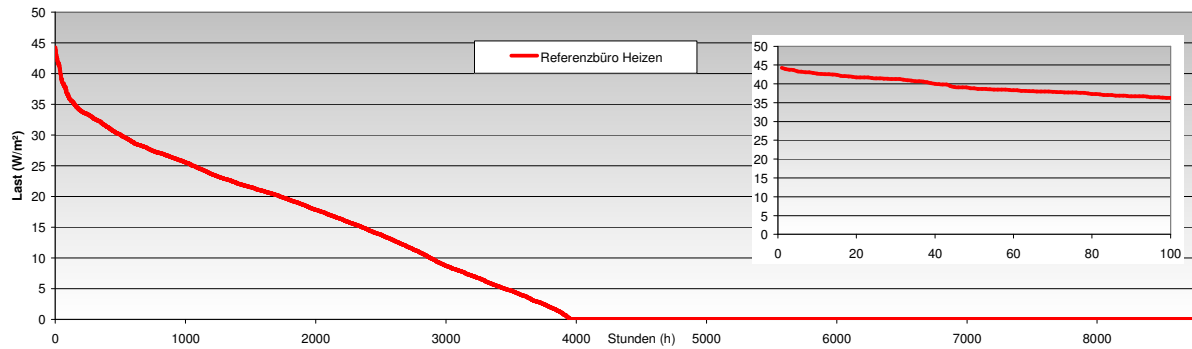


Abbildung 3.4.1.10- 52 Basissimulation: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 70,4 kW/m²a

maximale Heizlast 44,3 W/m²

Betriebsstunden: 3.965 h

Vollaststunden: 1.591 h

Detailbetrachtung

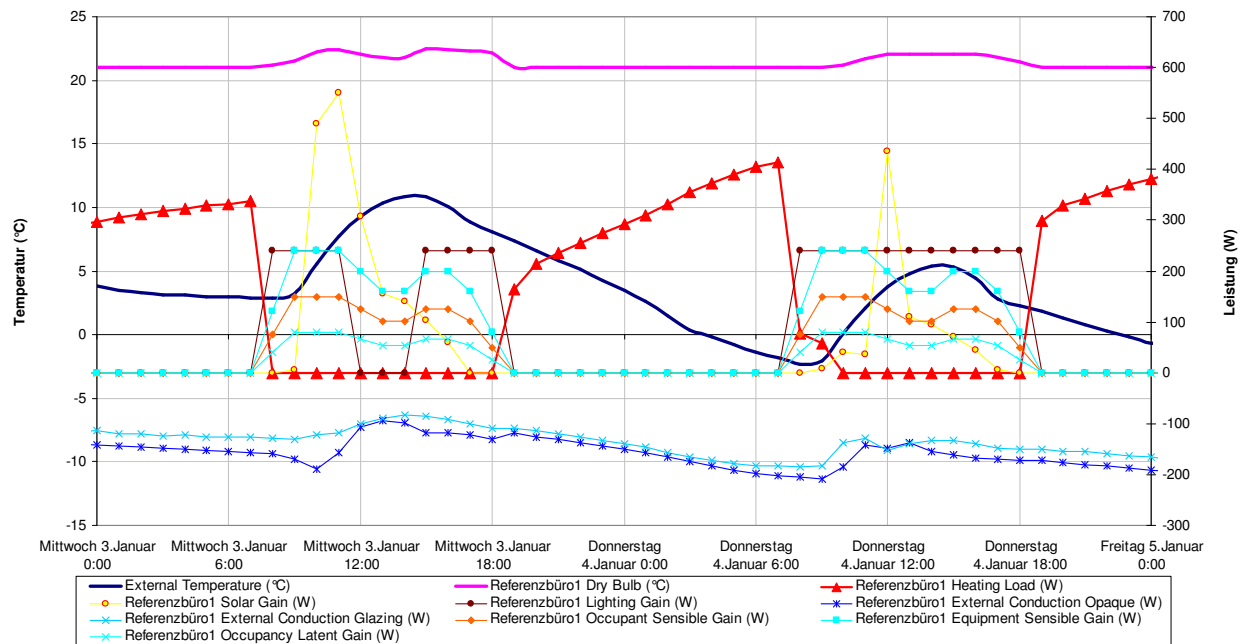


Abbildung 3.4.1.10- 53 Basissimulation: Load Breakdown Winter Temperatur und Leistung

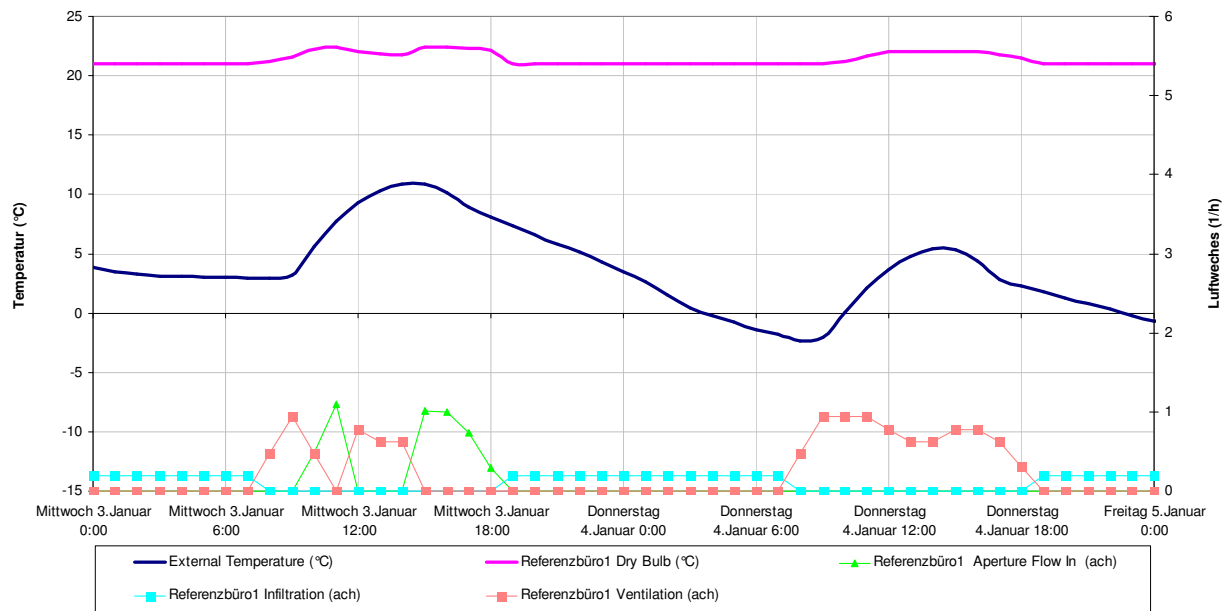


Abbildung 3.4.1.10- 54 Basissimulation: Load Breakdown Winter Temperatur und Luftwechsel

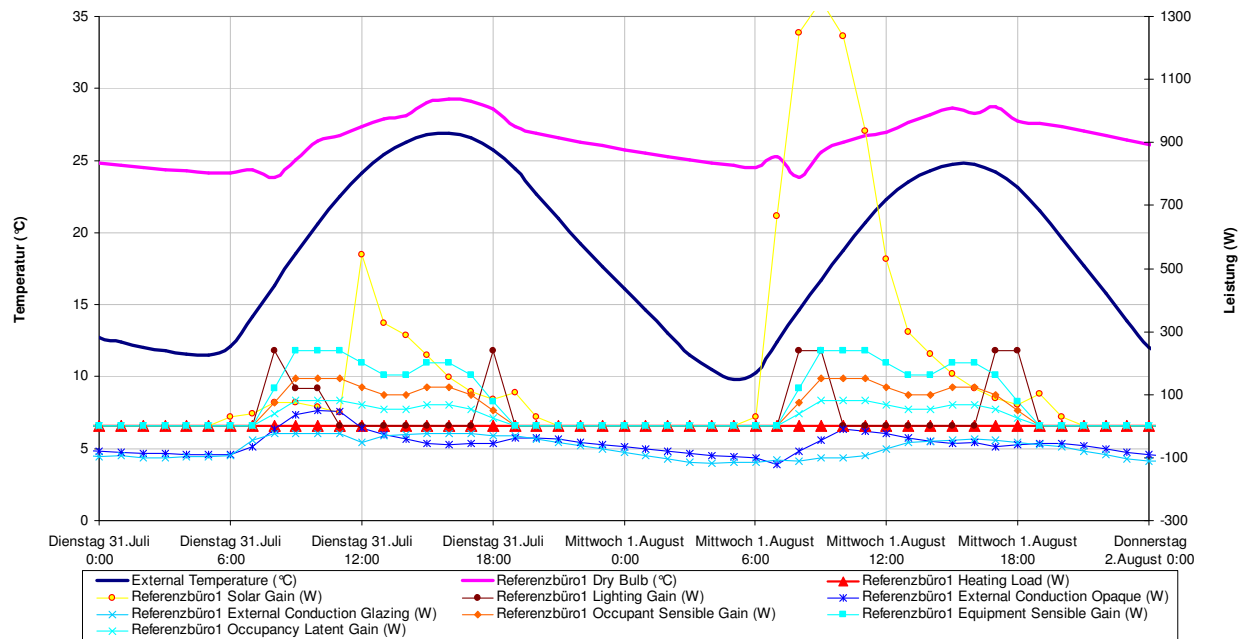


Abbildung 3.4.1.10- 55 Basissimulation: Load Breakdown Sommer Temperatur und Leistung

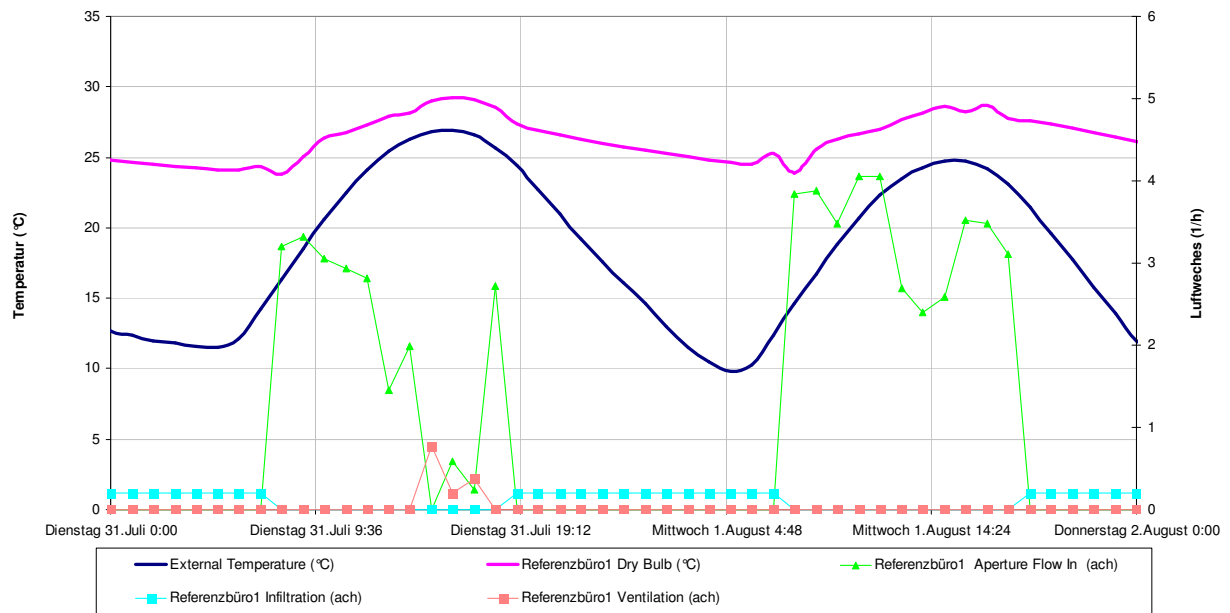


Abbildung 3.4.1.10- 56 Basissimulation: Load Breakdown Sommer Temperatur und Luftwechsel

### 3.4.1.11 Variante 1

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3.4.1.1, jedoch folgende Änderungen:

Fenster immer geschlossen; Infiltration 0,2 1/h; keine Personen-, Licht-, und Gerätelasten; kein Sonnenschutz

### Temperaturverläufe

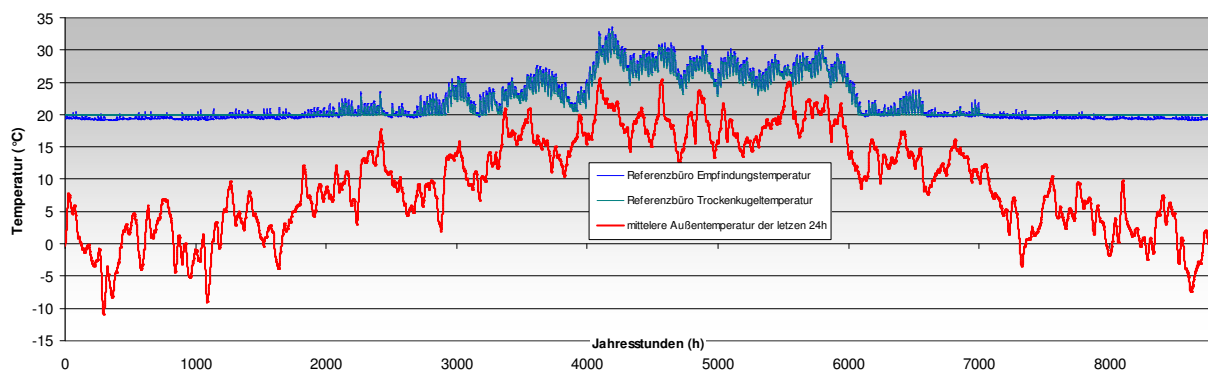


Abbildung 3.4.1.11- 57 Variante 1: Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

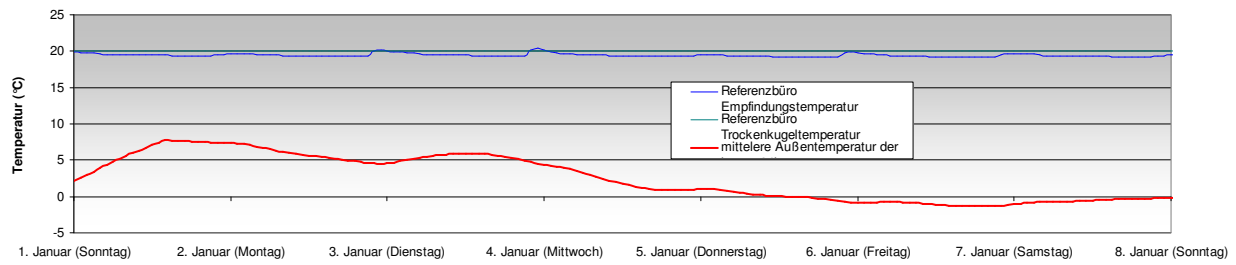


Abbildung 3.4.1.11- 58 Variante 1: Temperatur in Januarwoche

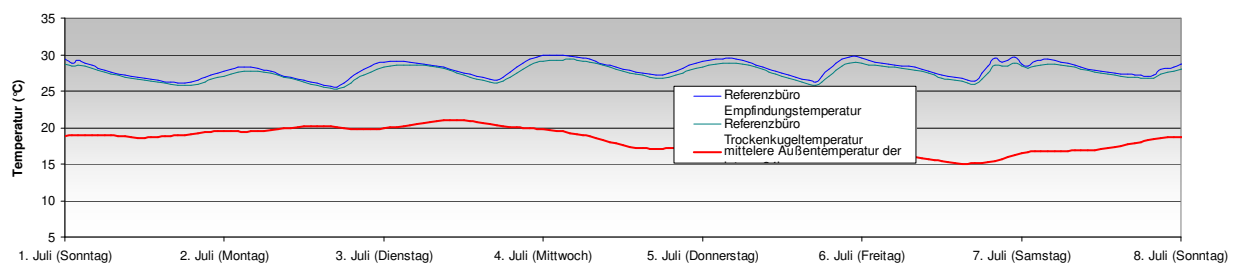


Abbildung 3.4.1.11-59 Variante 1: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

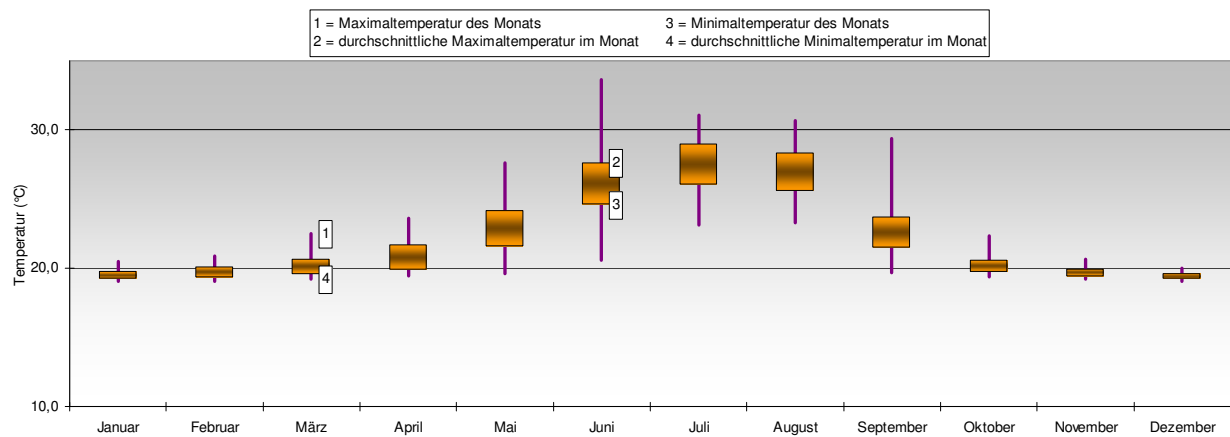


Abbildung 3.4.1.11-60 Variante 1: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

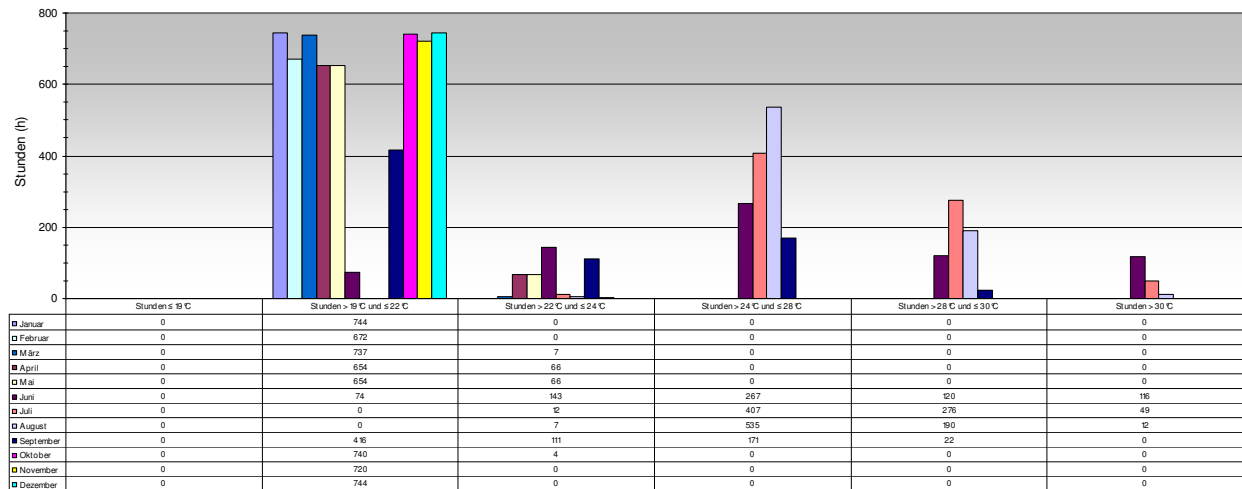


Abbildung 3.4.1.11-61 Variante 1: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit (Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                |                      |
|--|----------------|----------------------|
| Lufttemperatur (°C)  | Häufigkeit (h) | Summenhäufigkeit (h) |
| Stunden ≤ 20°C   | 1453           | 2871                 |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C  | 238            | 1418                 |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C  | 171            | 1180                 |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C  | 131            | 1009                 |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C  | 89             | 878                  |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C  | 81             | 789                  |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C  | 104            | 708                  |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C  | 125            | 604                  |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C  | 142            | 479                  |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C  | 162            | 337                  |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C  | 116            | 175                  |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C  | 36             | 59                   |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C  | 22             | 23                   |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C  | 1              | 1                    |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 35°C   | 0              | 0                    |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit (Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                |                      |
|--|----------------|----------------------|
| Empfindungstemperatur (°C)   | Häufigkeit (h) | Summenhäufigkeit (h) |
| Stunden ≤ 20°C   | 1066           | 2871                 |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C  | 517            | 1805                 |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C  | 210            | 1288                 |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C  | 136            | 1078                 |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C  | 113            | 942                  |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C  | 70             | 829                  |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C  | 93             | 759                  |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C  | 122            | 666                  |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C  | 132            | 544                  |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C  | 165            | 412                  |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C  | 131            | 247                  |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C  | 81             | 116                  |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C  | 22             | 35                   |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C  | 13             | 13                   |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 35°C   | 0              | 0                    |

Abbildung 3.4.1.11-62 Variante 1: Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur



Kategoriedarstellung gem. EN 15251

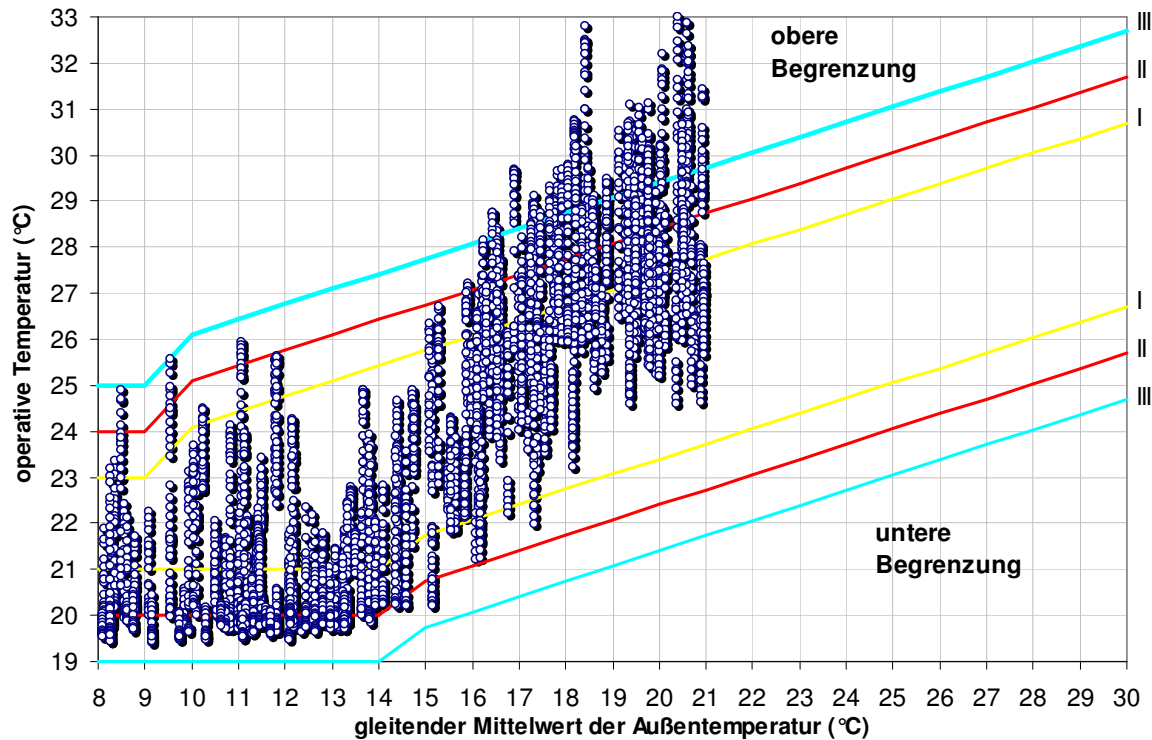


Abbildung 3.4.1.11-63 Variante 1: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1422             | 807               | 406                |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 16,2%            | 9,2%              | 4,6%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 683              | 445               | 260                |
| Stunden gesamt     | 3132             | 3132              | 3132               |
| Überschreitung (%) | 21,8%            | 14,2%             | 8,3%               |

## Lastauswertungen

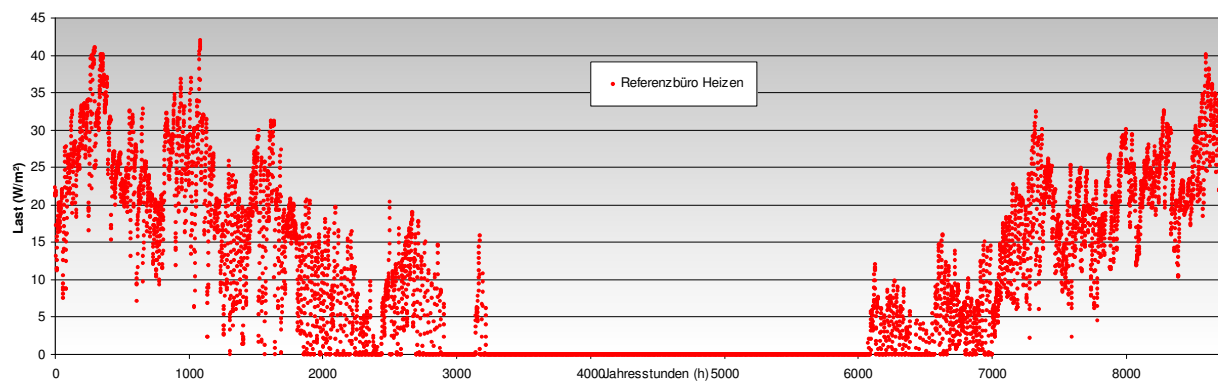


Abbildung 3.4.1.11-64 Variante 1: Jahreslastverteilung

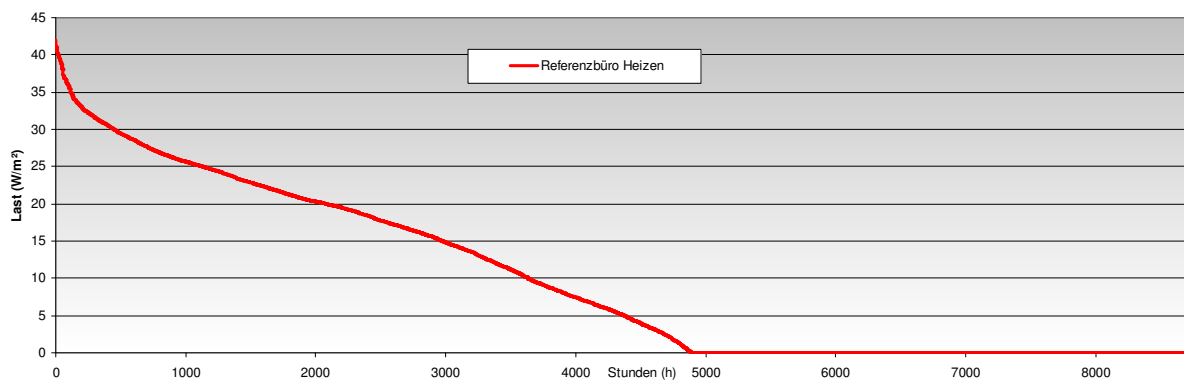


Abbildung 3.4.1.11-65 Variante 1: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 85,7 kW/m<sup>2</sup>a

maximale Heizlast 42 W/m<sup>2</sup>

Betriebsstunden: 4.896 h

Volllaststunden: 2.042 h

Detailbetrachtung

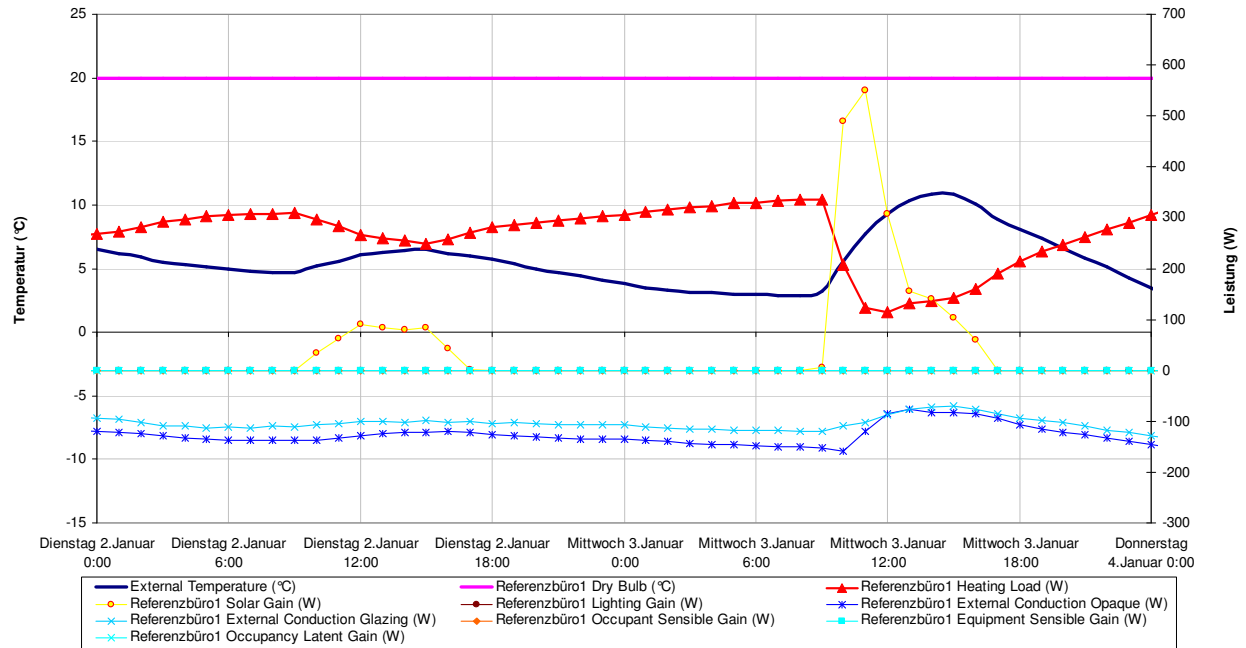


Abbildung 3.4.1.11-66 Variante 1: Load Breakdown Winter Temperatur und Leistung

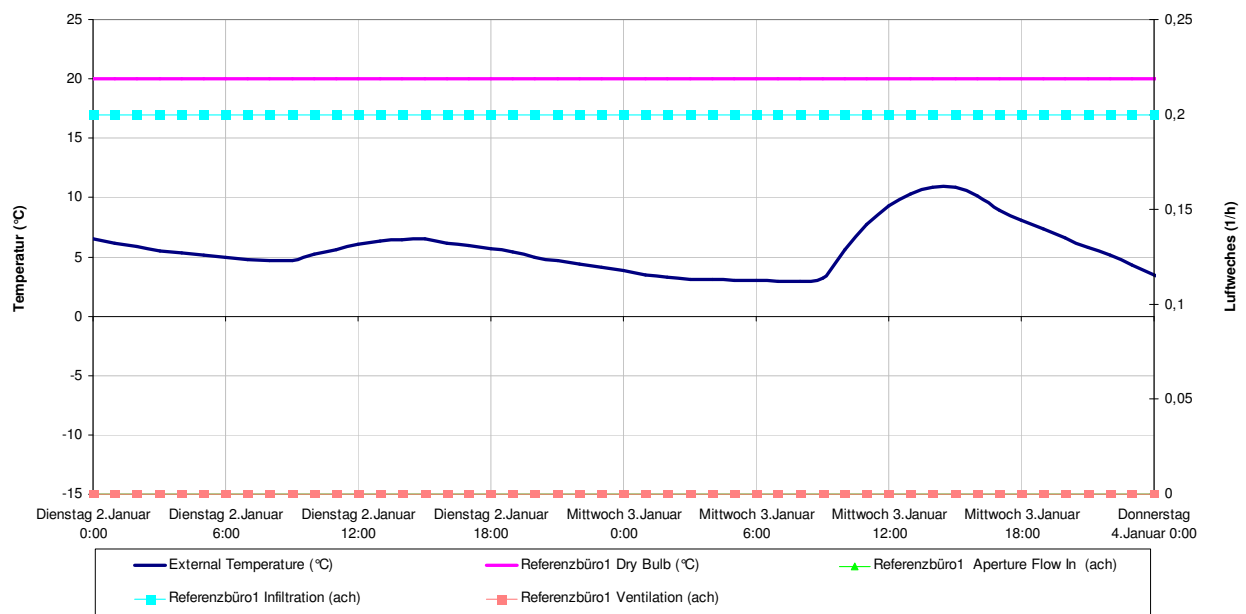


Abbildung 3.4.1.11-67 Variante 1: Load Breakdown Winter Temperatur und Luftwechsel

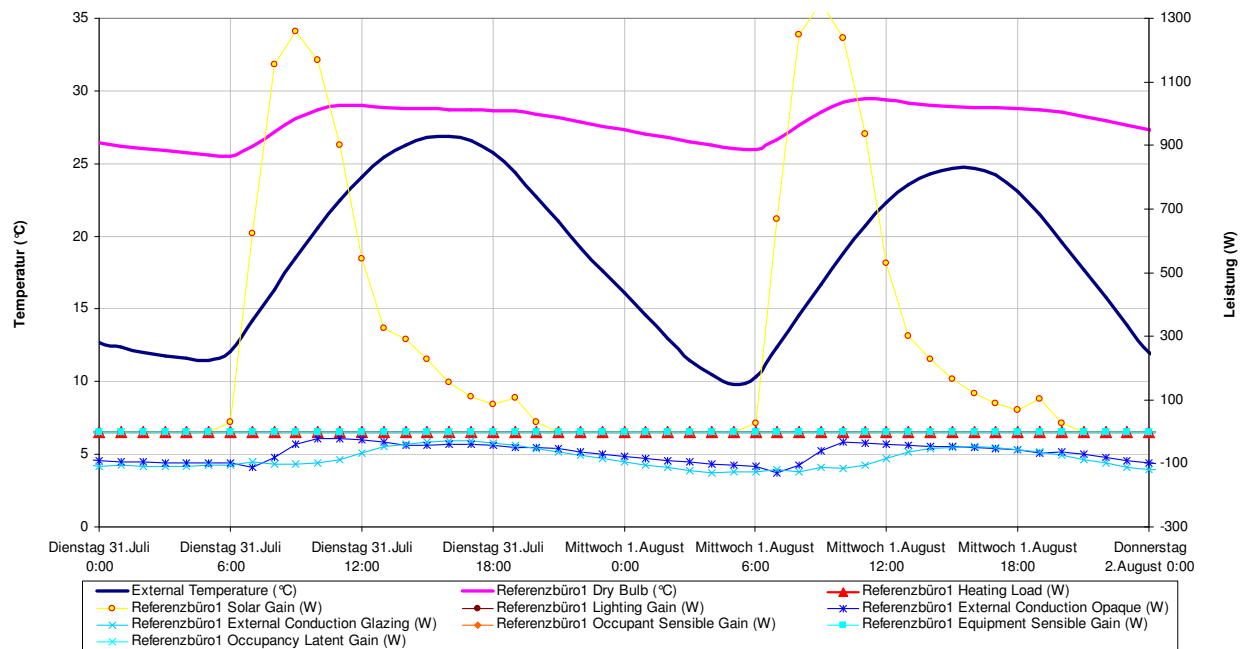


Abbildung 3.4.1.11-68 Variante 1: Load Breakdown Sommer Temperatur und Leistung

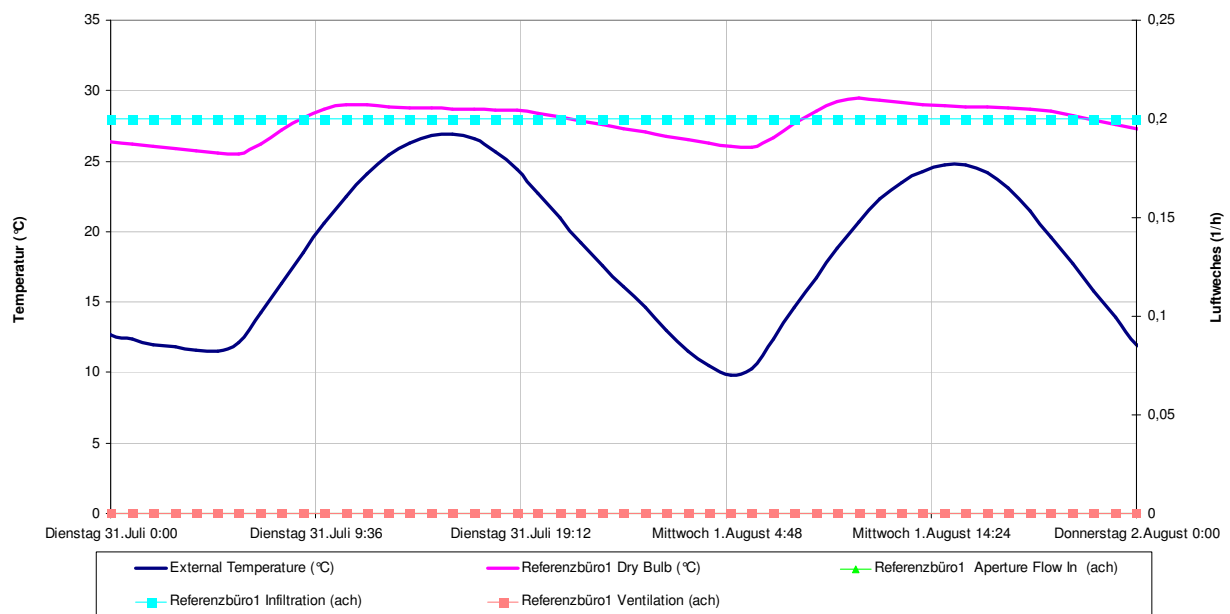


Abbildung 3.4.1.11-69 Variante 1: Load Breakdown Sommer Temperatur und Luftwechsel

### 3.4.1.12 Variante 2

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3, jedoch folgende Änderungen:

Der verwendete Wetterdatensatz wird durch Messwerte ergänzt. (siehe hierzu: REG-3-7-1-Wetterdaten-TGA-S-BN.pdf )

#### Temperaturverläufe

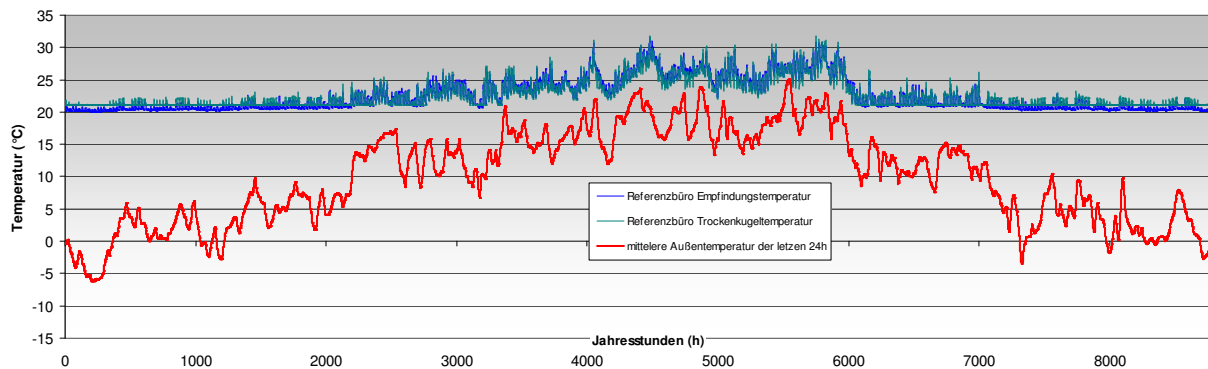


Abbildung 3.4.1.12- 70 Variante 2: Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

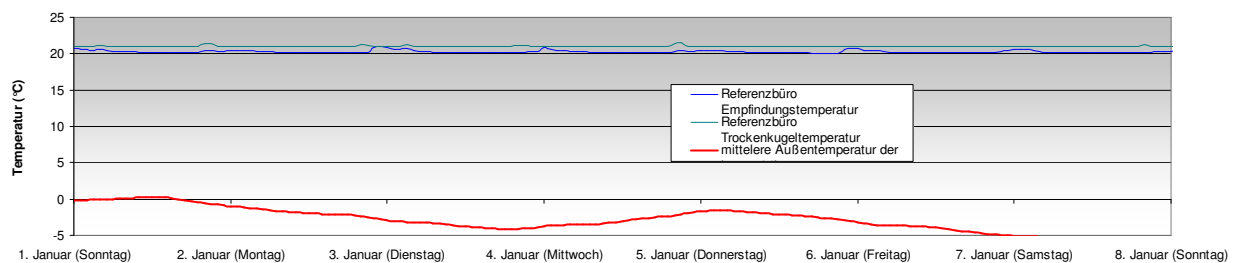


Abbildung 3.4.1.12-71 Variante 2: Temperatur in Januarwoche

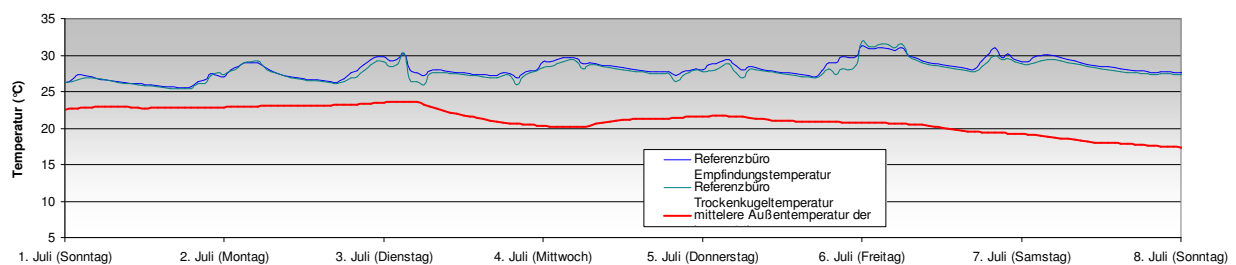


Abbildung 3.4.1.12-72 Variante 2: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

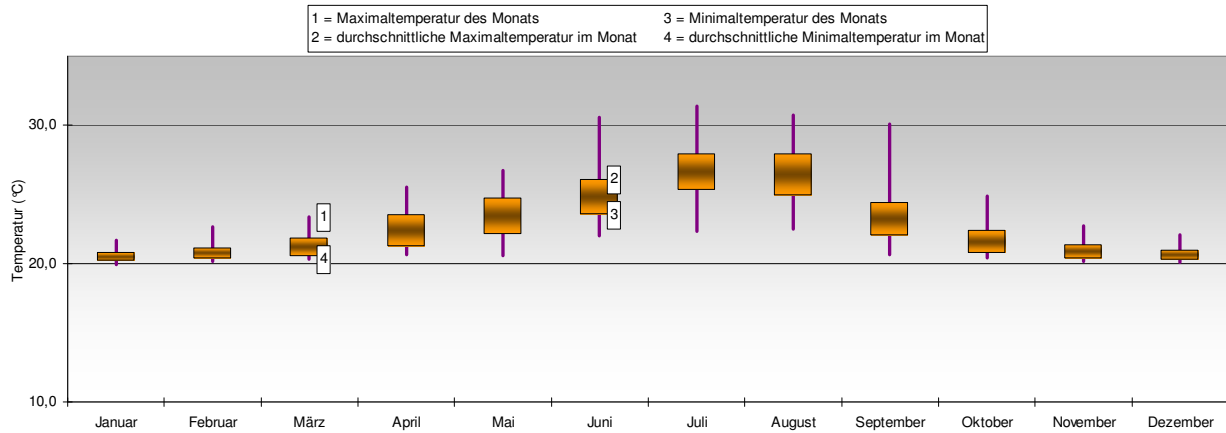


Abbildung 3.4.1.12-73 Variante 2: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

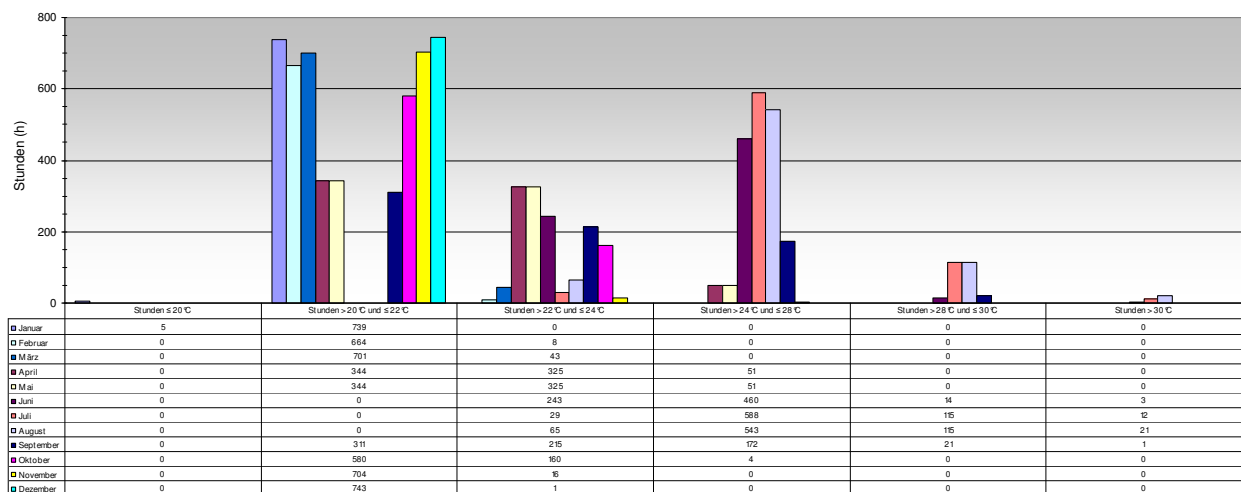


Abbildung 3.4.1.12-74 Variante 2: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur



| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Lufttemperatur<br>(°C)  | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 445               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 405               | 2426                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 901               | 2021                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 420               | 1120                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 151               | 700                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 139               | 549                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 127               | 410                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 110               | 283                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 83                | 173                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 51                | 90                      |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 28                | 39                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 11                | 11                      |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Empfindungstemperatur<br>(°C)   | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 5                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 680               | 2866                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 568               | 2186                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 411               | 1618                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 294               | 1207                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 268               | 913                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 171               | 645                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 150               | 474                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 117               | 324                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 118               | 207                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 56                | 89                      |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 31                | 33                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 2                 | 2                       |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

Abbildung 3.4.1.12-75 Variante 2: Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur

Kategoriedarstellung gem. EN 15251

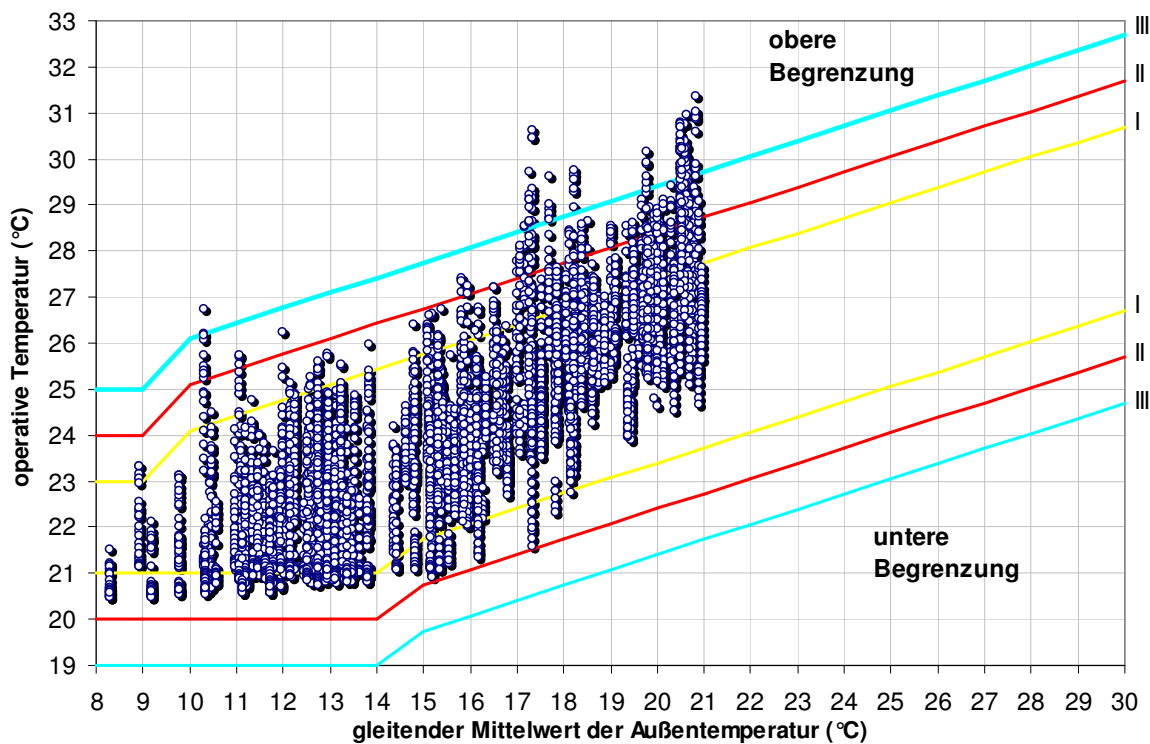


Abbildung 3.4.1.12-76 Variante 2: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1069             | 300               | 91                 |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 12,2%            | 3,4%              | 1,0%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 600              | 223               | 76                 |
| Stunden gesamt     | 3132             | 3132              | 3132               |
| Überschreitung (%) | 19,2%            | 7,1%              | 2,4%               |

Lastauswertungen

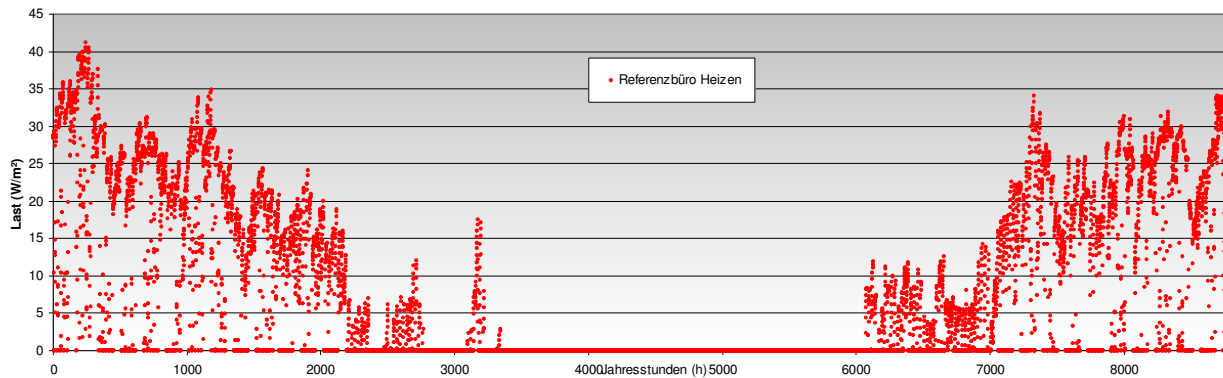


Abbildung 3.4.1.12-77 Variante 2: Jahreslastverteilung

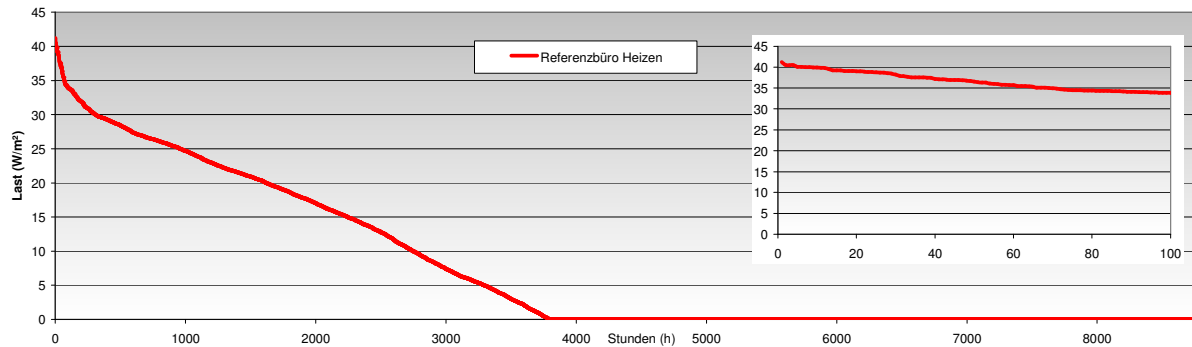


Abbildung 3.4.1.12-78 Variante 2: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 65,4 kW/m²a

maximale Heizlast 41,2 W/m²

Betriebsstunden: 3.797 h

Vollaststunden: 1.588 h

Detailbetrachtung

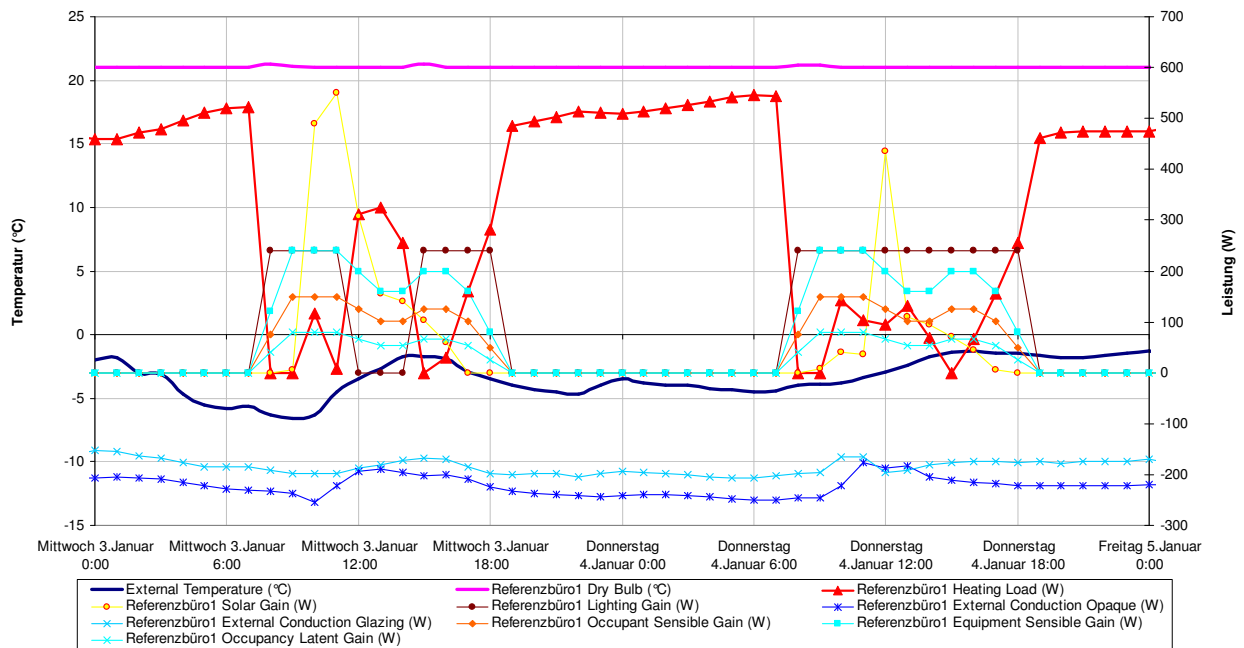


Abbildung 3.4.1.12-79 Variante 2: Load Breakdown Winter Temperatur und Leistung

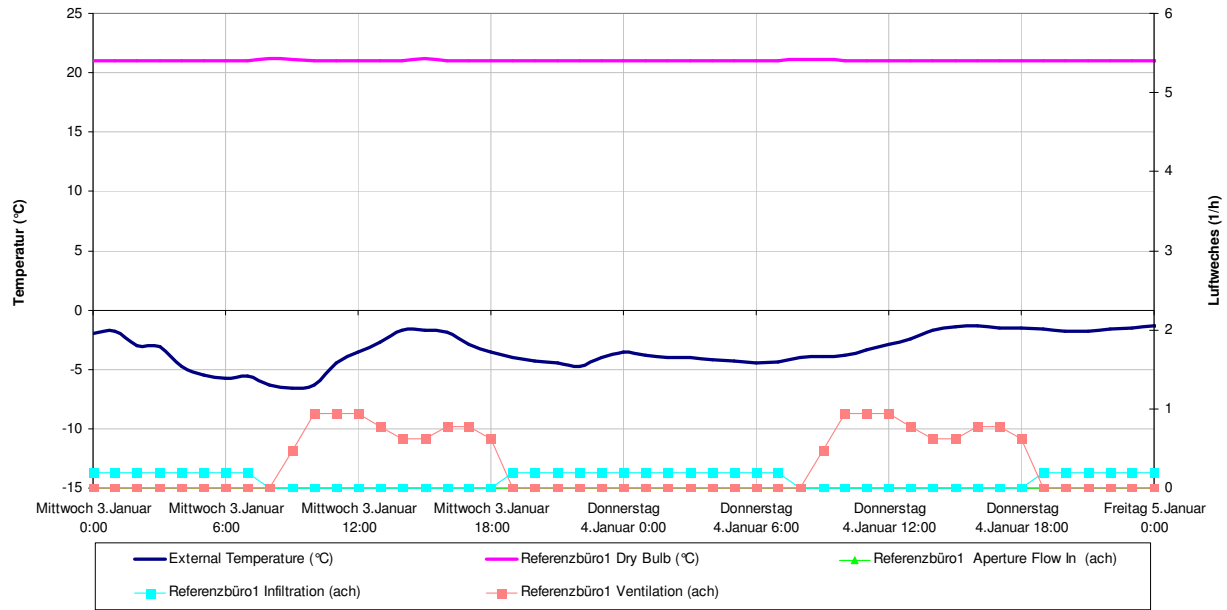


Abbildung 3.4.1.12-80 Variante 2: Load Breakdown Winter Temperatur und Luftwechsel

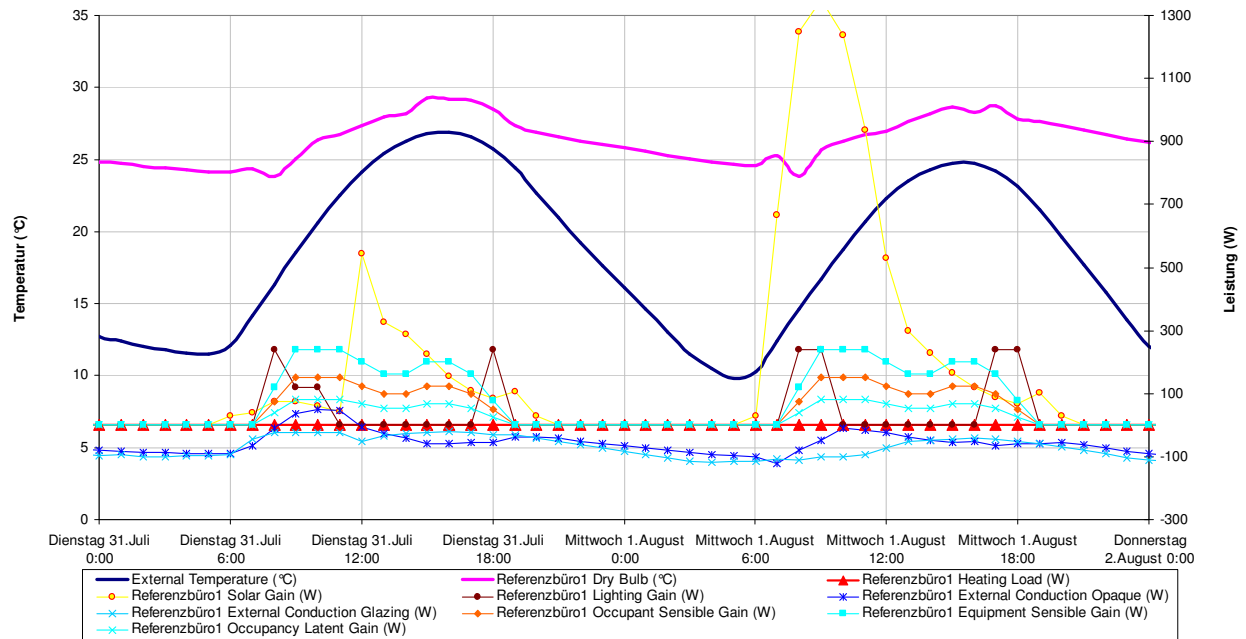


Abbildung 3.4.1.12-81 Variante 2: Load Breakdown Sommer Temperatur und Leistung

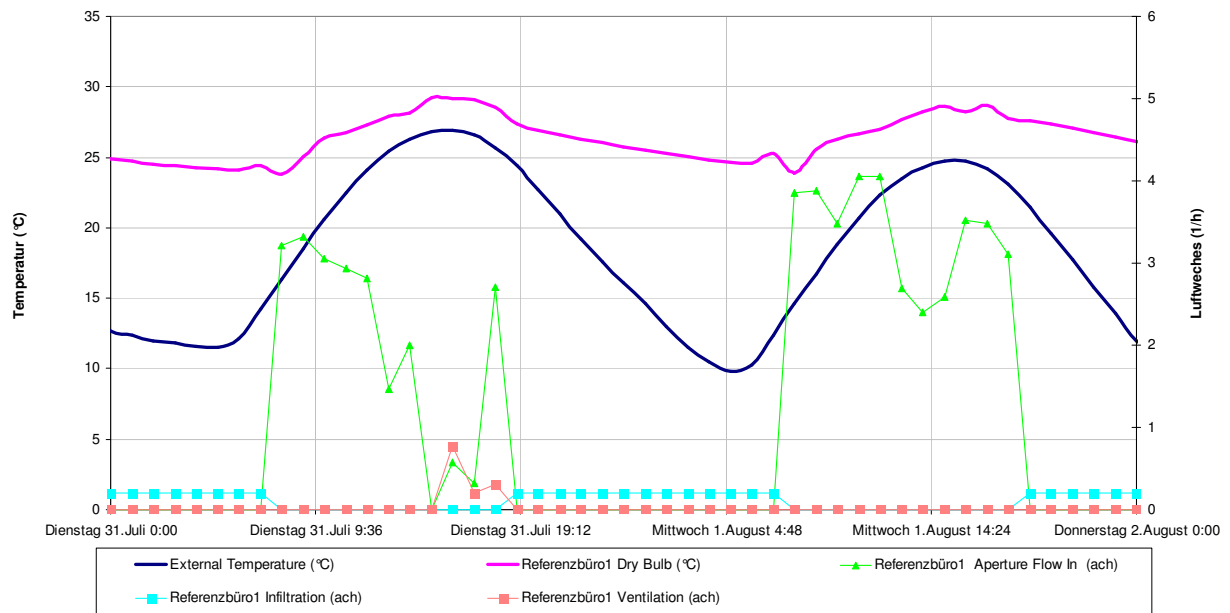


Abbildung 3.4.1.12-82 Variante 2: Load Breakdown Sommer Temperatur und Luftwechsel

### 3.4.1.13 Variante 3

Alle Annahmen gem. Variante 2, jedoch folgende Änderungen:

Die Raumtemperaturvorgabe wird durch Temperaturmesswerte gebildet.

#### Temperaturverläufe

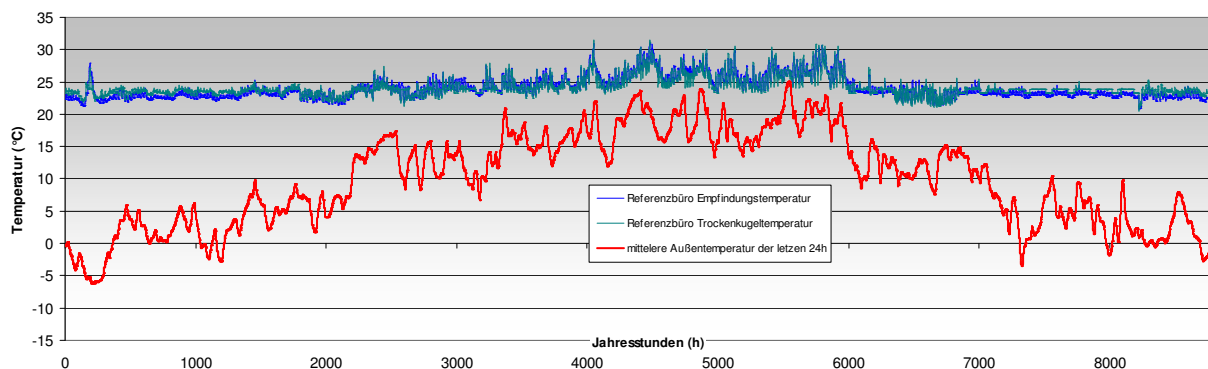


Abbildung 3.4.1.13- 83 Variante 3: Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

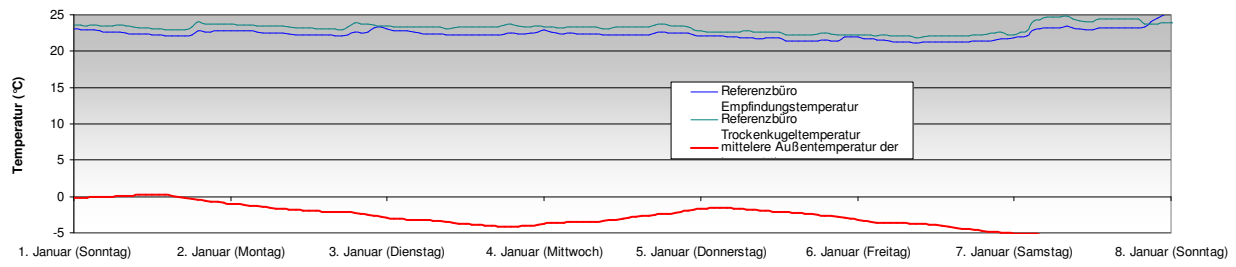


Abbildung 3.4.1.13- 84 Variante 3: Temperatur in Januarwoche

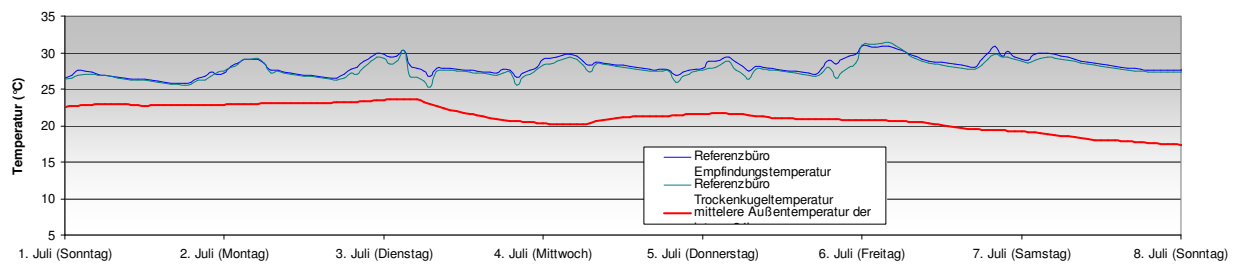


Abbildung 3.4.1.13- 85 Variante 3: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

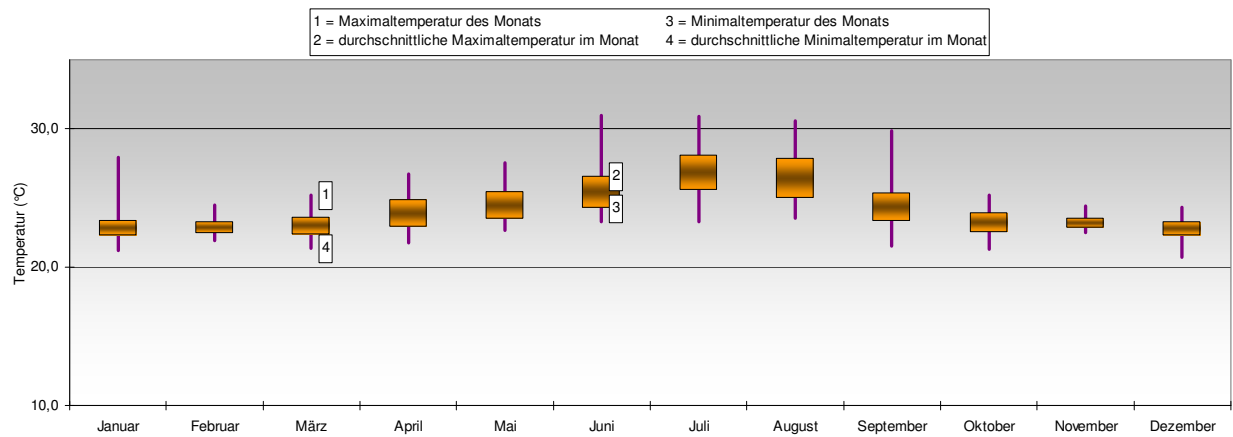


Abbildung 3.4.1.13- 86 Variante 3: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

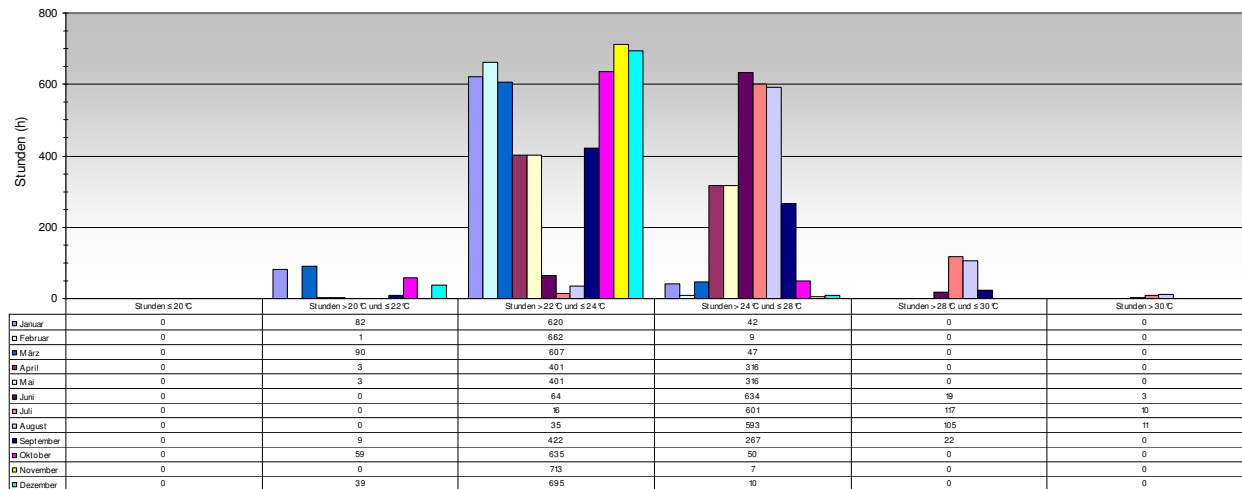


Abbildung 3.4.1.13- 87 Variante 3: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit (Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                |                      |
|--|----------------|----------------------|
| Lufttemperatur (°C)  | Häufigkeit (h) | Summenhäufigkeit (h) |
| Stunden ≤ 20°C   | 0              | 2871                 |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C  | 0              | 2871                 |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C  | 7              | 2871                 |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C  | 97             | 2864                 |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C  | 1716           | 2767                 |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C  | 469            | 1051                 |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C  | 168            | 582                  |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C  | 146            | 414                  |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C  | 103            | 268                  |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C  | 82             | 165                  |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C  | 51             | 83                   |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C  | 24             | 32                   |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C  | 8              | 8                    |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 35°C   | 0              | 0                    |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit (Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                |                      |
|--|----------------|----------------------|
| Empfindungstemperatur (°C)   | Häufigkeit (h) | Summenhäufigkeit (h) |
| Stunden ≤ 20°C   | 0              | 2871                 |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C  | 2              | 2871                 |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C  | 22             | 2869                 |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C  | 381            | 2847                 |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C  | 1094           | 2466                 |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C  | 544            | 1372                 |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C  | 297            | 828                  |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C  | 197            | 531                  |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C  | 140            | 334                  |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C  | 105            | 194                  |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C  | 67             | 89                   |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C  | 22             | 22                   |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C  | 0              | 0                    |
| Stunden > 35°C   | 0              | 0                    |

Abbildung 3.4.1.13- 88 Variante 3: Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur



Kategoriedarstellung gem. EN 15251

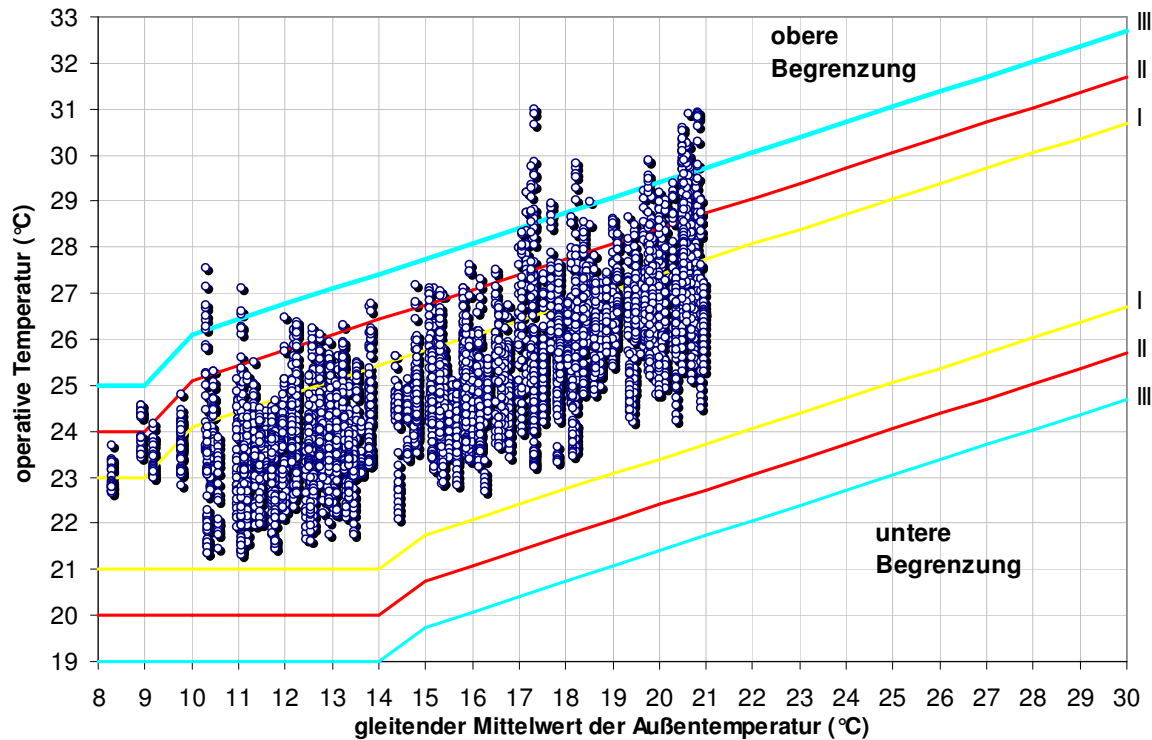


Abbildung 3.4.1.13- 89 Variante 3: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 4371             | 2471              | 602                |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 49,9%            | 28,2%             | 6,9%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1831             | 1224              | 357                |
| Stunden gesamt     | 3132             | 3132              | 3132               |
| Überschreitung (%) | 58,5%            | 39,1%             | 11,4%              |

## Lastauswertungen

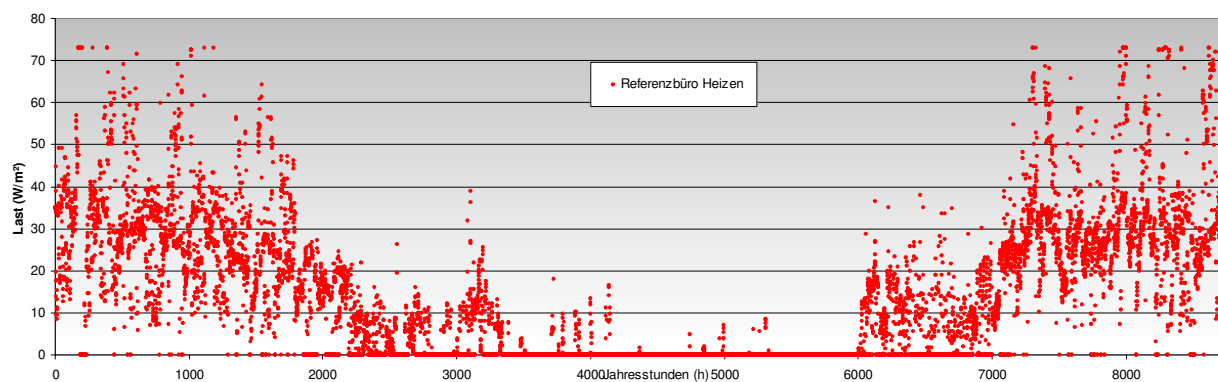


Abbildung 3.4.1.13- 90 Variante 3: Jahreslastverteilung

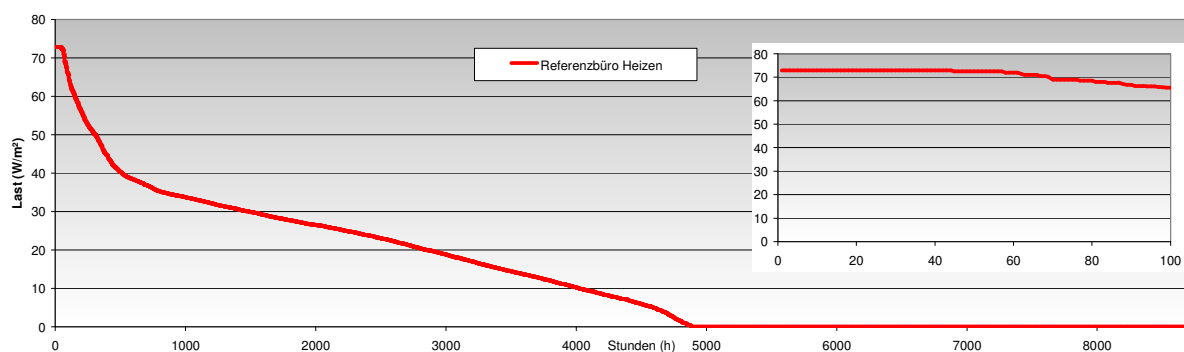


Abbildung 3.4.1.13- 91 Variante 3: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 118,1 kW/m<sup>2</sup>a

maximale Heizlast 72,9 W/m<sup>2</sup>

Betriebsstunden: 4.886 h

Vollaststunden: 1.620 h

Detailbetrachtung

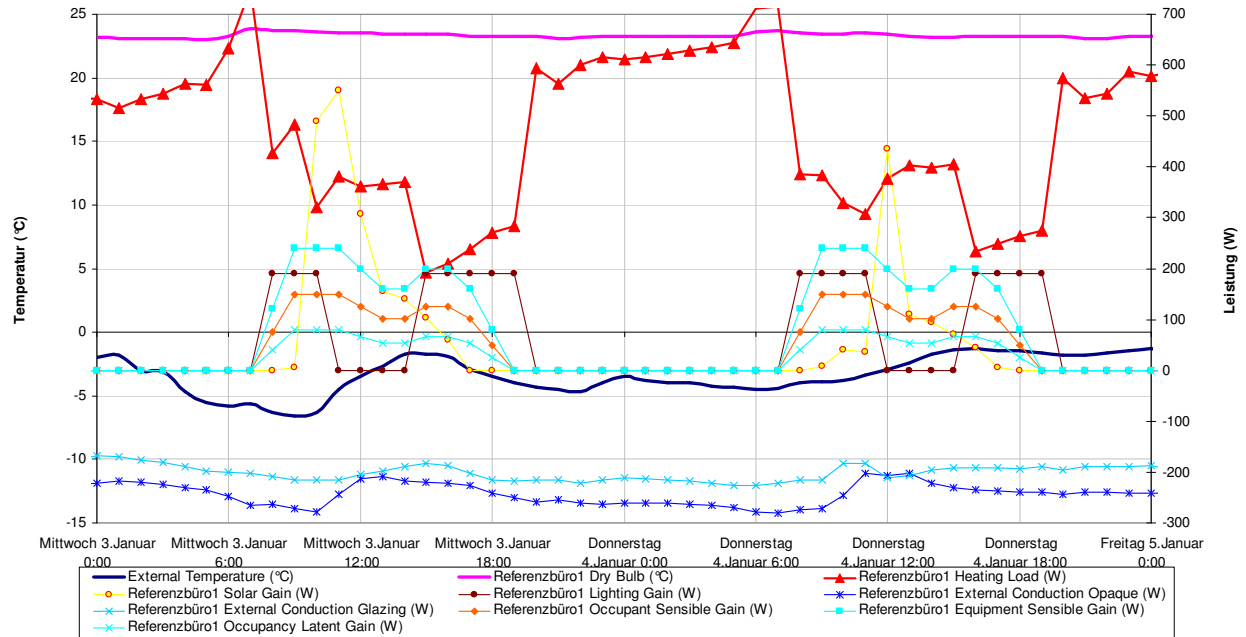


Abbildung 3.4.1.13- 92 Variante 3: Load Breakdown Winter Temperatur und Leistung

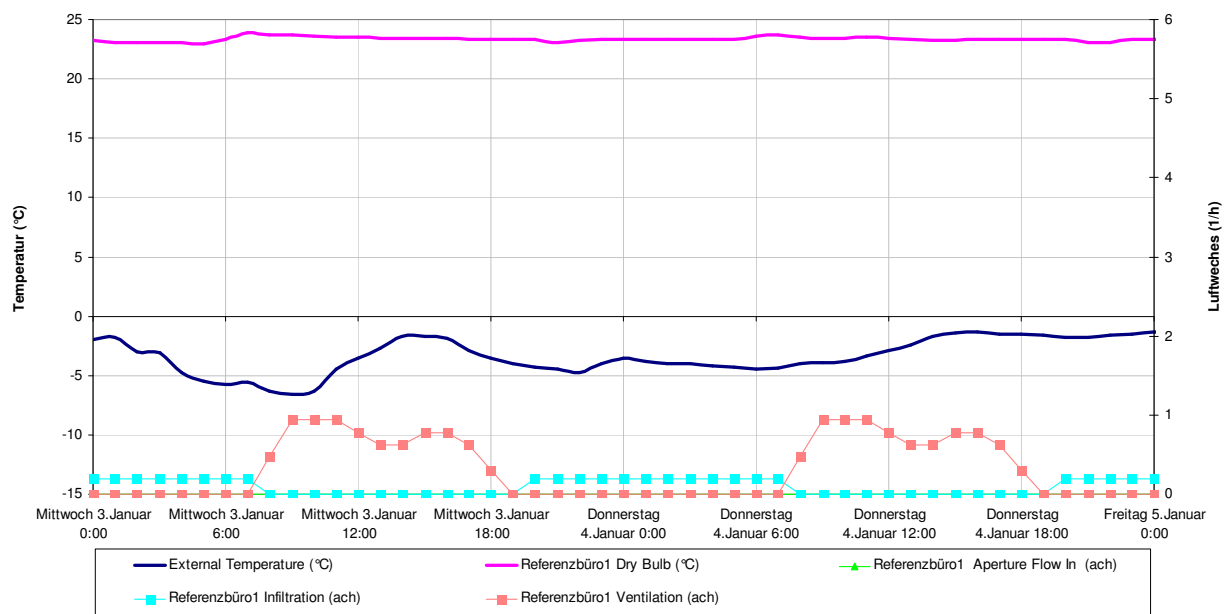


Abbildung 3.4.1.13- 93 Variante 3: Load Breakdown Winter Temperatur und Luftwechsel

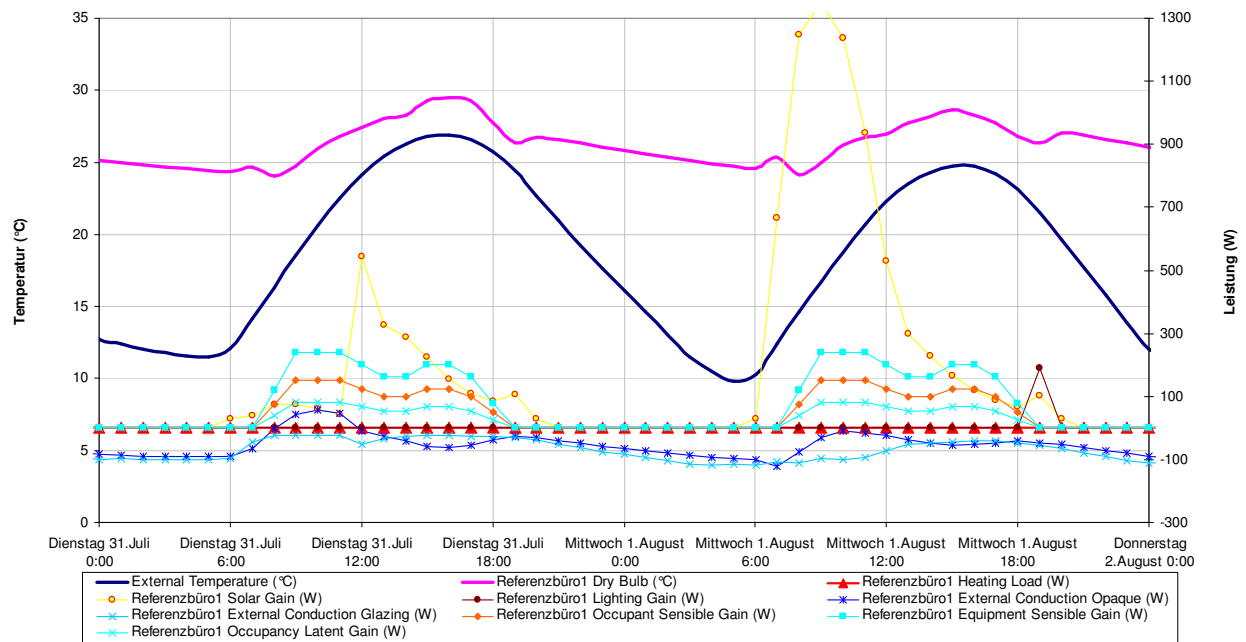


Abbildung 3.4.1.13- 94 Variante 3: Load Breakdown Sommer Temperatur und Leistung

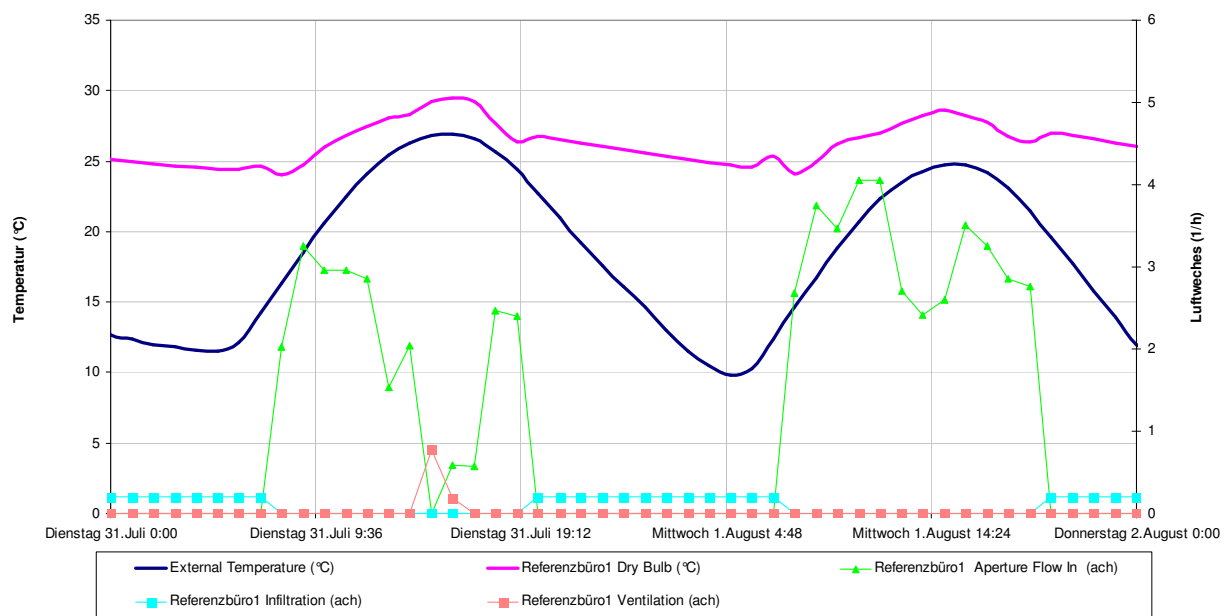


Abbildung 3.4.1.13- 95 Variante 3: Load Breakdown Sommer Temperatur und Luftwechsel

### 3.4.1.15 Fazit

Aufgrund der Simulationsergebnisse ist festzustellen, dass sich mit den aufgeführten Randbedingungen bzw. Annahmen für die simulierten Varianten des Referenzbüros Temperaturen größer 26 °C in der angenommenen Nutzungszeit einstellen werden. Die Überschreitungshäufigkeit kann durch den Nutzer durch sinnvolle Nutzung des Sonnenschutzes und gezieltes Temperaturablüften beeinflusst werden.

Die Basissimulationen des Referenzbüros ist mit angenommenen, der Realität nahe kommenden Lasten und Nutzungszeiten durchgeführt. Diese Simulation stellt daher den derzeit erreichbaren Stand dar. Variante 1 zeigt das Verhalten des ungenutzten Gebäudes. Fehlende innere Wärmegewinne werden durch die nicht benötigte Energie eines Mindestluftwechsels kompensiert.

Variante 2 unterscheidet sich von der Basissimulation nur im verwendeten Wetterdatensatz. Zu Verwendung kamen lokal erfasste Messwerte der Außentemperatur und Feuchte.

In Variante 3 wurde zu den lokal erfassten Messwerten der Außenbedingungen auch die zeitgleich erfasste Innenraumtemperatur als Heizgrenze eingegeben. Die sehr hohe Differenz zwischen Variante 2 und 3 ist daher als nicht benötigter Mehrbedarf zu sehen.

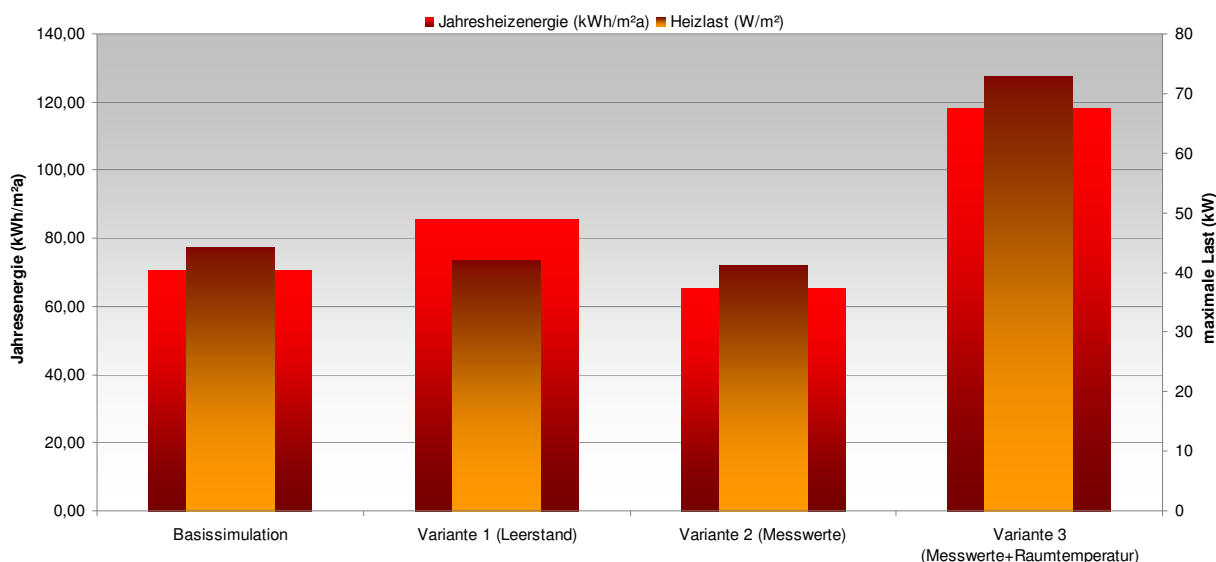


Abbildung 3.4.1.15- 96 Vergleichende Darstellung der Simulationsläufe

### **3.4.2 Z-zwo**

#### **3.4.2.1 Simulationen Transsolar und EGS**

Schon bei der Konzeption des Verwaltungsgebäudes Z-Zwo wurde im Rahmen des Energiekonzepts eine thermische Simulation durchgeführt.

Im Bearbeitungszeitraum von REG wurde das Gebäude als Pilotprojekt für die DGNB zertifiziert. Dies machte eine zeitgleiche Bewertung gemäß der aktuellen Bewertungsnorm DIN EN 15251 erforderlich. Eine ergänzende Simulation ist daher im Rahmen der Zertifizierung durchgeführt worden und kann für REG ressourceneffizient verwendet werden.

Die beiden Berichte von Transsolar und EGS sind Teil der Anlage: 3.18

### **3.4.3 DVA**

#### **3.4.3.1 Simulationsverfahren**

Zunächst wird ein Referenzraum in den nur beheizten Geschossen und ein weiterer Raum in den beheizten und gekühlten Geschossen identifiziert und jeweils eine Basissimulation definiert. Die Überschreitungshäufigkeit nach DIN EN15251 und ein spezifischer Lastverlauf soll für die Referenzräume dargestellt werden. Die Untersuchung wird mit Hilfe von thermodynamischen Simulationsrechnungen auf der Basis eines dynamischen Mehrzonen-Mehrknoten-Netzwerk-Modell, mit der EDV-Software TAS durchgeführt.

Die Untersuchungen zum thermischen Verhalten werden für das hier untersuchte Bauvorhaben mit dem Simulationsprogramm TAS durchgeführt. Es ist eine Entwicklung von EDSL Environmental Design Solutions Ltd. aus Milton Keynes England. TAS ist der Weltmarktführer im Bereich kommerzieller Gebäudesimulationssoftware. Die Erfahrung von über 20 Jahren in der Entwicklung und dem Einsatz von TAS garantiert eine hohe Rechengenauigkeit und ein Programm höchster Qualität.

Im Sinne des Programms TAS bedeutet Simulation die zeitabhängige numerische Berechnung des thermischen und energetischen Verhaltens eines Gebäudeteiles oder ganzen Gebäudes sowie der Anlagen zur Raumkonditionierung und Energieverteilung bzw. -erzeugung.

Jeglicher Form von Simulation sind jedoch auch Grenzen gesetzt, die stets beachtet werden müssen z. B. die Rechenleistung und Zeit. Auf Grund dieser Einschränkungen muss ein Modell möglichst vereinfacht und ein Nutzerverhalten vorgegeben werden.

Diese Vereinfachungen beeinträchtigen naturgemäß auch die Genauigkeit der Simulationsergebnisse. Ein Modell liefert daher nur in einem bestimmten Kontext Ergebnisse, die sich auf die Realität übertragen lassen. In anderen Parameterbereichen können die Resultate schlichtweg falsch sein. Daher ist die Verifikation der Modelle für den jeweiligen Anwendungsfall ein wichtiger Bestandteil der Simulationstechnik.

Das Programm wurde im Rahmen der vergleichenden Untersuchungen zur VDI 6020 verifiziert.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die verwendeten Rechenalgorithmen und Berechnungsergebnisse den Erfordernissen der VDI 6020 entsprechen und somit aussagekräftige Ergebnisse durch die Berechnungen erzielbar sind. Es entspricht auch den britischen Part L2 und EP Zertifizierung. Es ist weiterhin zugelassen für ASHRAE 90.1 und die LEED Zertifizierung aus den USA.



### 3.4.3.2 Grundlagen der thermischen Basis-Gebäudesimulation

Aufwändige 3D-Modelle vom Gebäude und der Nachbarbebauung benötigen hohe Rechnerleistungen und sind sehr zeitintensiv bei ihrer Generierung. Aus diesem Grund werden für die nachfolgenden Analysen Vereinfachungen getroffen. Die erste Einschränkung ist, dass nur je ein Referenzbüro (3-Achser) und Nutzung (heizen, heizen und kühlen) ausgewertet wird. Dieses Referenzbüro entspricht einem Großteil der Büros in der Neckarstrasse 121. Räume und Geschosse die an das Referenzbüro angrenzen, werden zur Vereinfachung identisch genutzt und konditioniert.

### 3.4.3.3 Modellbeschreibung und Zonierung

Die Referenzbüros sind Süd-Ost orientiert. Die Auswahl erfolgte aufgrund einer Verschattungsanalyse.

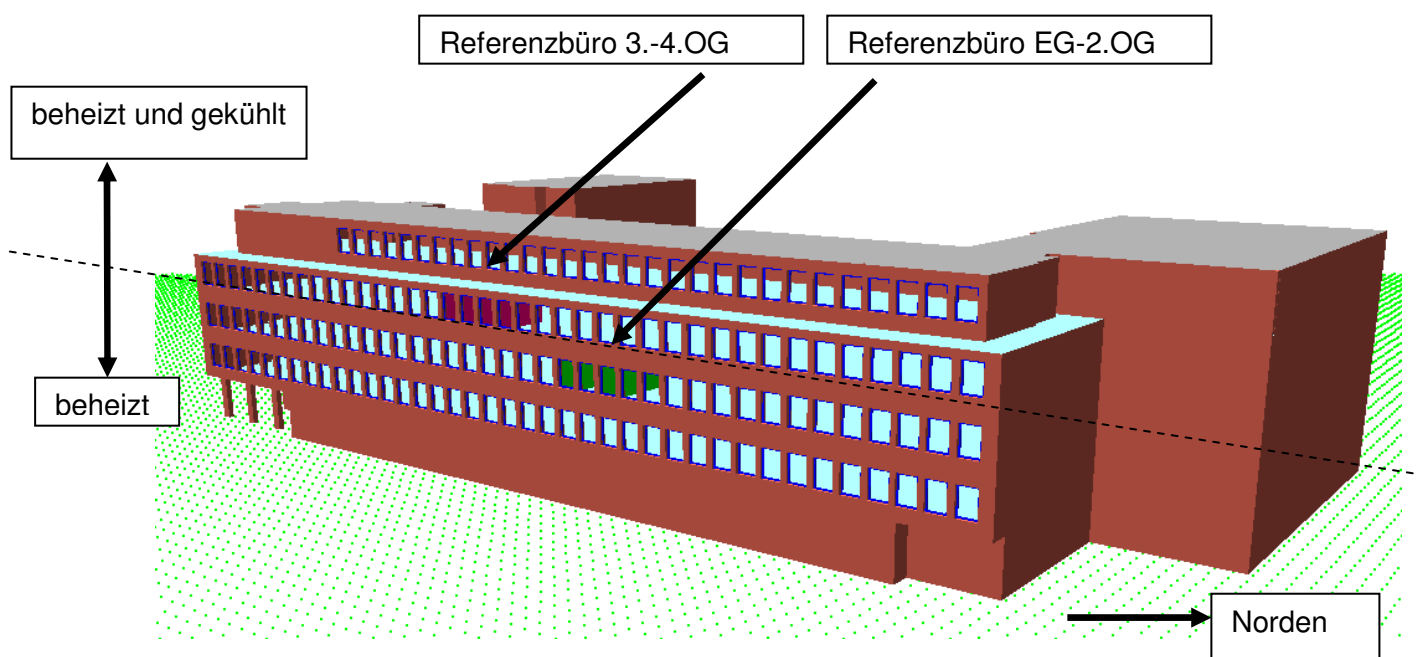


Abbildung 3.4.3.3- 97 Darstellung 3D-Modell

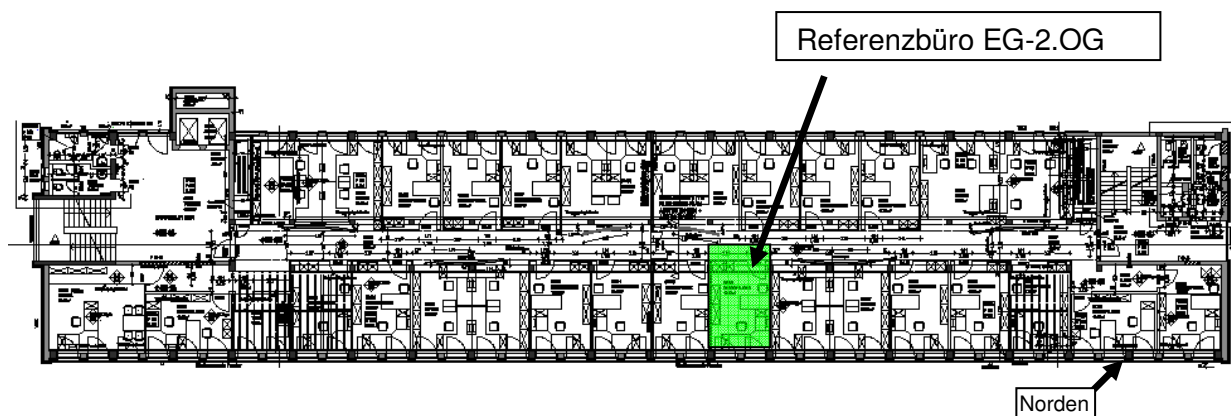


Abbildung 3.4.3.3- 98 Referenzbüro EG-2.OG im Grundriss

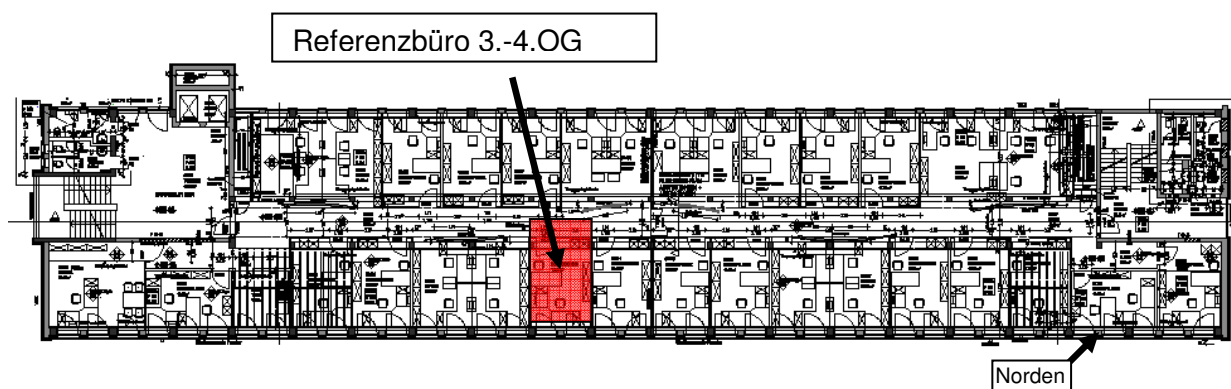


Abbildung 3.4.3.3- 99 Referenzbüro 3.-4.OG im Grundriss

### 3.4.3.4 Bauphysikalische Parameter

- Bauteile:
  - Außenwand:  
Beton-/Mauerwand mit WDVS
    - $U_{AW} = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>7</sup> ~ 12 h
  - Dach:
    - $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>8</sup> ~ 8 h
  - Innenwand, Ständerbauwand leicht
    - $U_{IW} = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>1</sup> < 1 h
  - Zwischendecke, Beton
    - $U_{De} = 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - Zeitkonstante der Speichermasse<sup>1</sup> ~ 1,3 h
  - Verglasung:  
2-Fach (4/12/4)
    - $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - $g = 0,61$  (EN 410)
    - Tageslichttransmission 0,80
  - Verglasung mit außenliegendem Sonnenschutz (geschlossen):  
2-Fach (4/12/4) + Verschattungselement
    - $U_g = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
    - $g = 0,084$  (EN 410)
    - Tageslichttransmission 0,078
  - Fensterrahmen  
Holz
    - $U_f = 2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

<sup>7</sup> Die Zeitkonstante der Speichermasse beschreibt die ungefähre Zeit, nach welcher ein thermisches Gleichgewicht verursacht durch eine plötzliche Temperaturänderung wieder erreicht wird.

<sup>8</sup> Die Zeitkonstante der Speichermasse beschreibt die ungefähre Zeit, nach welcher ein thermisches Gleichgewicht verursacht durch eine plötzliche Temperaturänderung wieder erreicht wird.

### 3.4.3.5 Innere / äußere Lasten

- Außenliegender Sonnenschutz wird geschlossen, wenn Sonne auf die Fassade scheint
  - Schaltpunkt:  $130 \text{ W/m}^2$   
→ weiterführende Information siehe 0
  
- Personenlastdichte im betrachteten Abschnitt:
  - 1 x je 75 Watt sensibel und 40 Watt latent (VDI 2078)  
je nach Belegungsgrad<sup>9</sup>  
→ weiterführende Information siehe 0
  
- EDV-Lastdichte, Annahme im betrachteten Abschnitt:
  - 1 x PC je  $120 \text{ W}$  + Drucker  $10 \text{ Watt}$  je nach Belegungsgrad<sup>2</sup>  
→ weiterführende Information siehe 0
  
- Beleuchtung
  - $12,35 \text{ W/m}^2$  (installierte Leistung)  
strahlungs- und sonnenschutzabhängig  
→ weiterführende Information siehe 0
  
- Mindestluftwechsel
  - Büro 1,5-facher Luftwechsel innerhalb der Belegungszeit  
→ weiterführende Information siehe 0
  
- Infiltration von außen Luftwechsel
  - $0,1/\text{h}$  ganzjährig  
außerhalb der Belegungszeit  
→ weiterführende Information siehe 0

---

<sup>9</sup> Occupancy rate (Occ)

### 3.4.3.6 Wetterdaten

Eine Jahressimulation greift immer auf charakterisierende Wetterdaten eines definierten Standortes und Zeitraums zurück. Im Rahmen von REG wurden die Unterschiede verschiedener Wetterdatenquellen und Messwerte verglichen.

Für die anschließende Simulation wurde ein Wetterdatensatz mit dem Programm Meteonorm 6.1<sup>10</sup> generiert.

- Geogr. Breite [°] = 48,787, Geogr. Länge [°] = 9,192 Höhe [m] = 240, Klimaregion = III, 3
- Strahlungsmodell und Temperaturmodell = 10-Jahresextreme (Stundenwerte)
- Temperatur: = 1996-2005; Strahlung: = 1979-1998
- Nächste Station: Gh<sup>11</sup>: Stuttgart (5 km), Mannheim (94 km), Strasbourg (118 km)
- Nächste Station: Ta<sup>12</sup>: Stuttgart/Schnarrenberg (5 km), Stuttgart (5 km), Stuttgart/Echterdingen (12 km)
- Die Stadtlage wurde gemäß **Abbildung 3.4.3.6- 100** als „city“ berücksichtigt

| Feature            | Zone | Jan  | Feb  | Mar  | April | May  | June | July | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|--------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| level ground       | A    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| depression         | A    | -1.6 | -0.7 | -0.5 | -0.4  | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.4 | -0.7 | -1.2 |
| cold hollow        | A    | -3.9 | -2.8 | -1.7 | -0.4  | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -1.0 | -2.2 | -3.8 |
| lake               | A    | 1.2  | 0.8  | 0.0  | -0.5  | -0.7 | -0.7 | -0.4 | -0.1 | 0.4  | 0.6  | 0.7  | 1.1  |
| city               | A    | 1.1  | 1.0  | 0.8  | 0.8   | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.2  |
| S-facing incline   | N    | 1.8  | 1.2  | 1.0  | 0.8   | 0.8  | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 1.1  | 1.4  | 1.7  | 1.7  |
| S-facing incline   | S    | 3.4  | 2.9  | 1.9  | 1.3   | 1.3  | 1.3  | 1.5  | 1.7  | 1.8  | 2.1  | 2.8  | 3.7  |
| W/E-facing incline | N    | 0.9  | 1.8  | 0.6  | 0.5   | 0.4  | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.4  | 0.6  | 0.7  | 0.9  |
| W/E-facing incline | S    | 1.7  | 1.5  | 1.0  | 0.7   | 0.7  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.4  | 1.9  |
| valley             | N    | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.2   | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.2  |
| valley             | S    | 1.8  | 1.6  | 1.1  | 1.0   | 1.0  | 0.7  | 0.9  | 1.0  | 1.0  | 1.2  | 1.6  | 2.1  |

Abbildung 3.4.3.6- 100 Standort-Korrekturwert Quelle: Meteonorm

<sup>10</sup> METEONORM 6.1 ist eine globale Klimadatenbank kombiniert mit einem Wettergenerator. Die Software ermöglicht sowohl die Berechnung von langjährigen und aktuellen Monatsmittelwerten als auch von Stundenwerten eines typischen Jahrs. Es wurde speziell für den Einsatz mit Simulationsprogrammen für Solaranlagen und Gebäuden hergestellt. Die Version 6.1 basiert auf 22 Jahren Erfahrung.

<sup>11</sup> Gh = mittlere Bestrahlungsstärke der horizontalen Globalstrahlung

<sup>12</sup> Ta = Außenlufttemperatur

Nachfolgend ist der generierte Datensatz grafisch ausgewertet dargestellt:

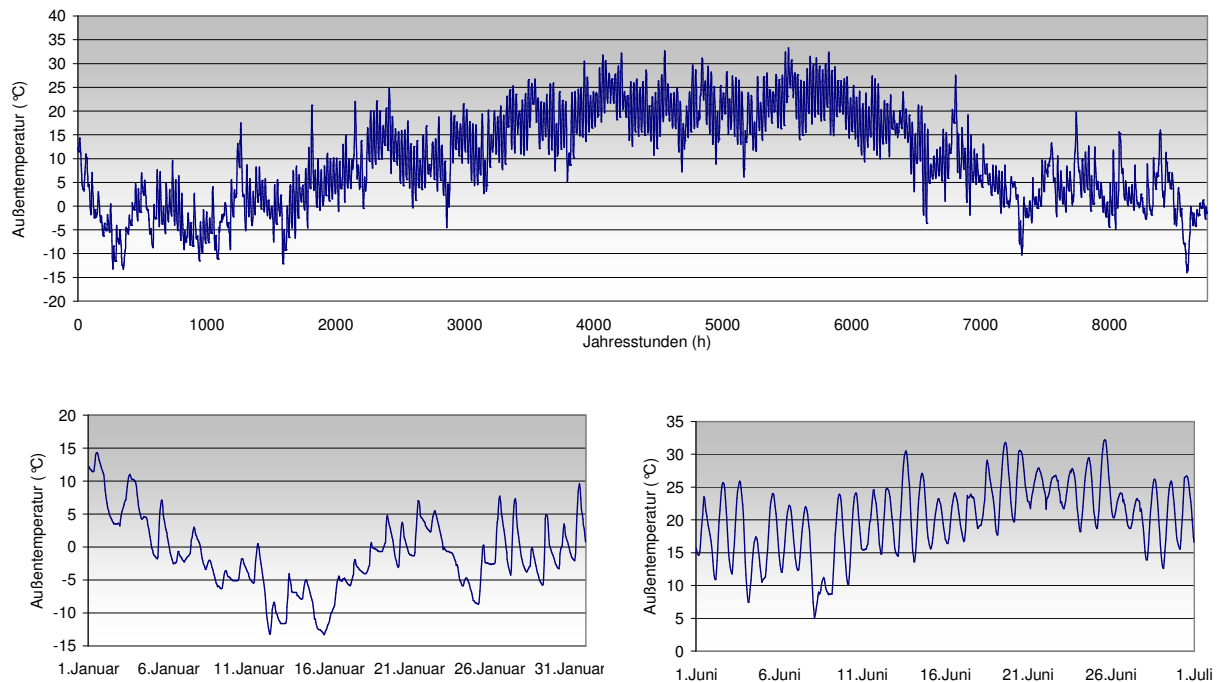


Abbildung 3.4.3.6- 101 Temperaturverlauf Wetterdatensatz

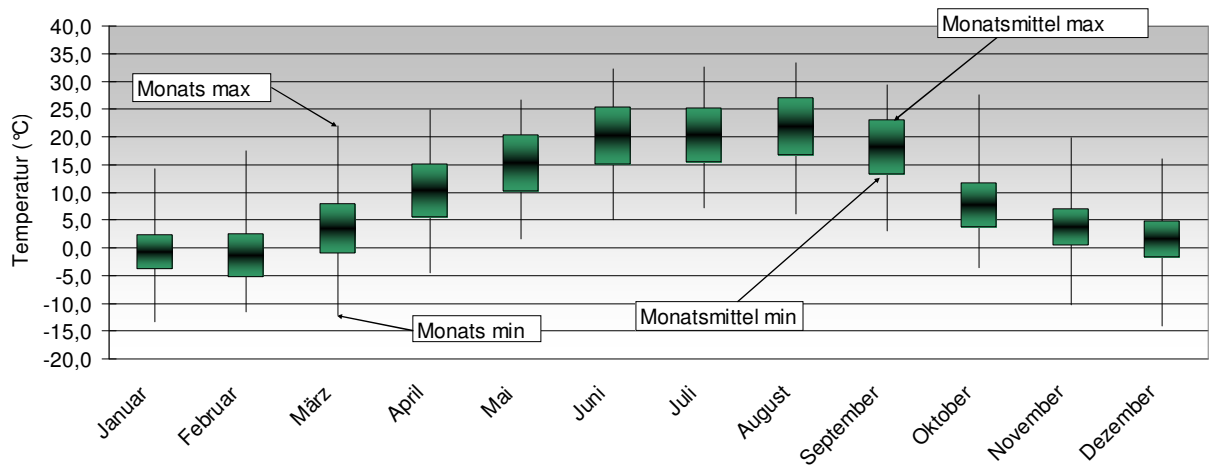


Abbildung 3.4.3.6- 102 Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

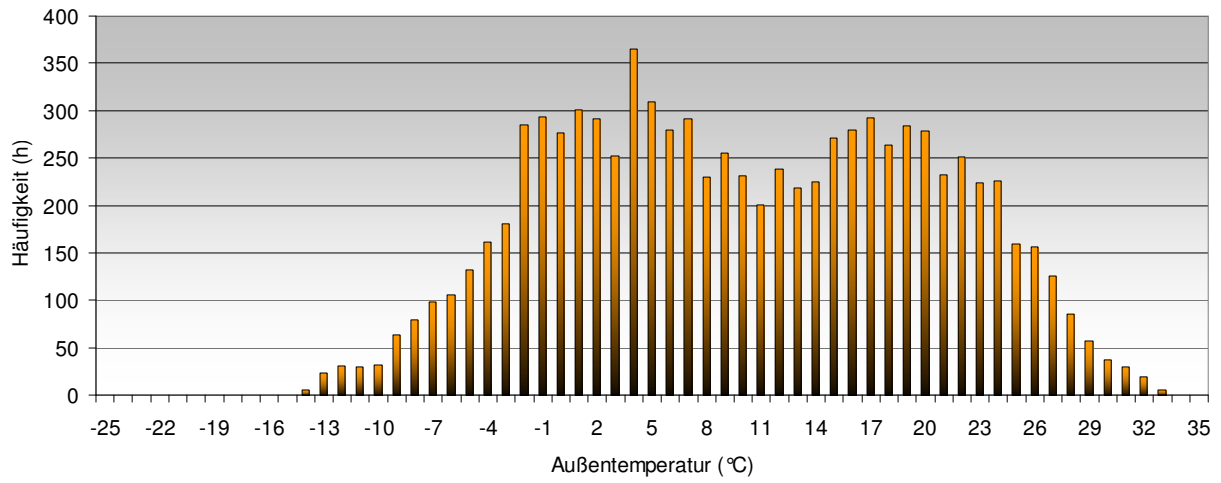


Abbildung 3.4.3.6- 103 Temperaturverteilung eines durchschnittlichen Jahres

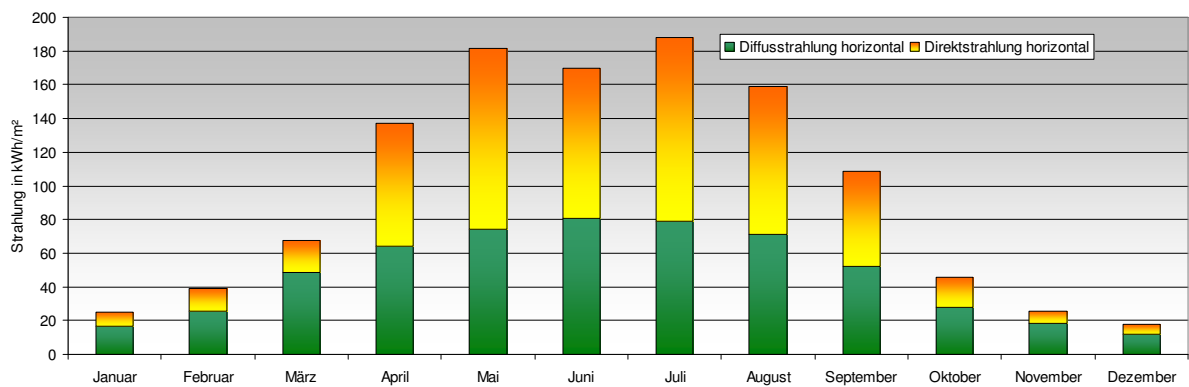


Abbildung 3.4.3.6- 104 Summierte Monatsstrahlung



### 3.4.3.7 Detailbetrachtungen

#### Schaltung des außenliegenden Sonnenschutzes

Für eine genaue Simulation benötigt man eine Möglichkeit den Sonnenschutz witterungsbedingt öffnen und schließen zu können. Die Regelgröße ist die solare Last auf der Fensterfläche. Über eine Auswertung des verwendeten Wetterdatensatzes und der Berücksichtigung von Fensterhöhe und Ausrichtung kann diese berechnet werden.

Automatisch regelnde Sonnenschutzsystem verwenden Schaltpunkte von  $120 \text{ W/m}^2$  bis  $200 \text{ W/m}^2$ . Für die Simulation wurde der Schaltpunkt auf  $130 \text{ W/m}^2$  gesetzt. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen den Jahresverlauf und verschiedene Zeitbezüge.

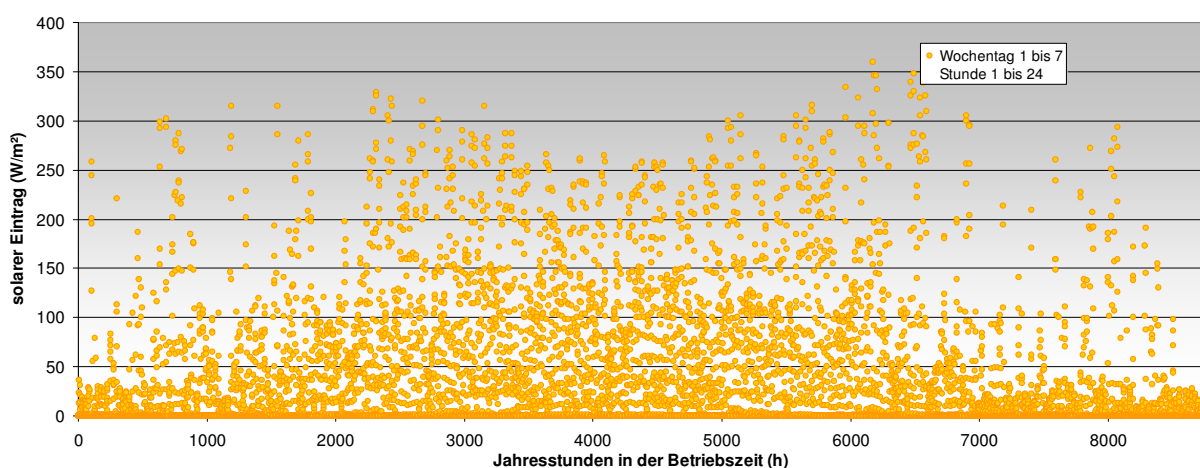


Abbildung 3.4.3.7- 105 Jahresverlauf des solareren Eintrags auf die Verglasung

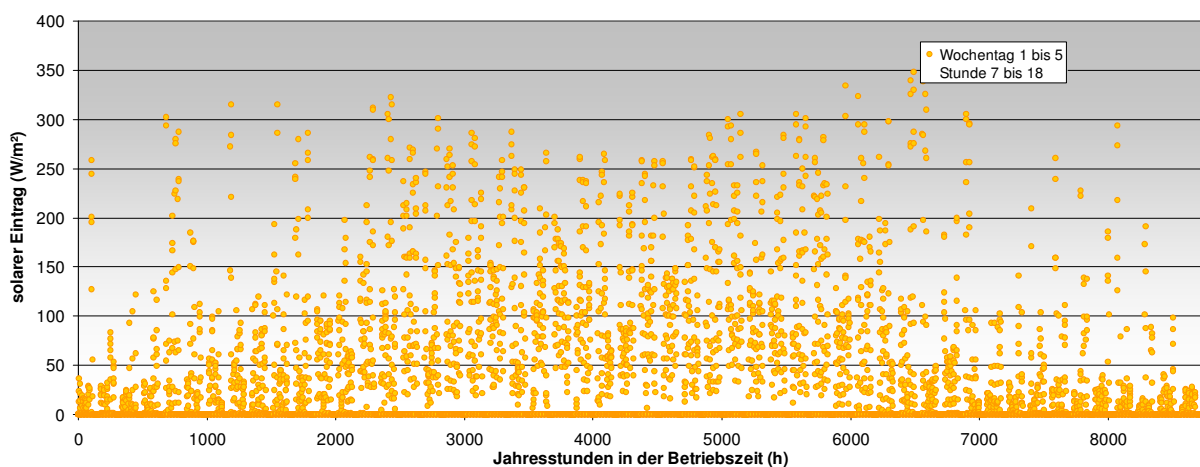


Abbildung 3.4.3.7- 106 Jahresverlauf des solareren Eintrags auf die Verglasung in der Betriebszeit

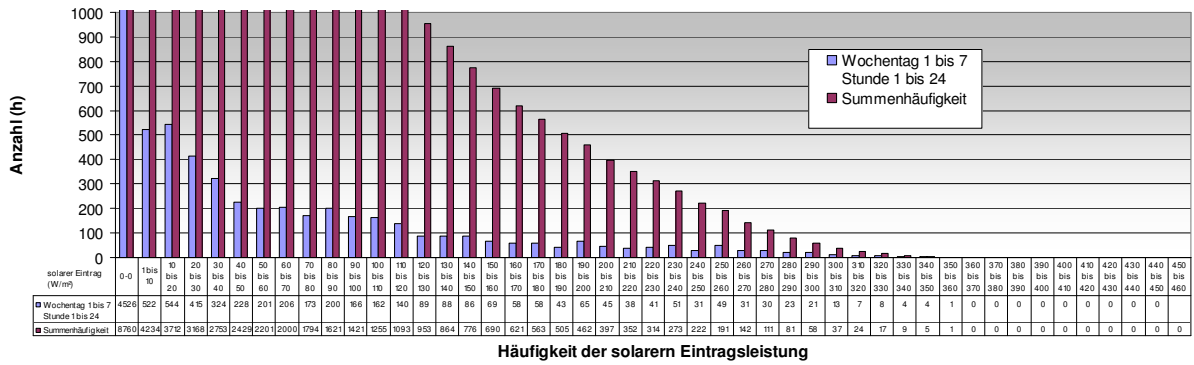


Abbildung 3.4.3.7- 107 Häufigkeiten solarer Einträge

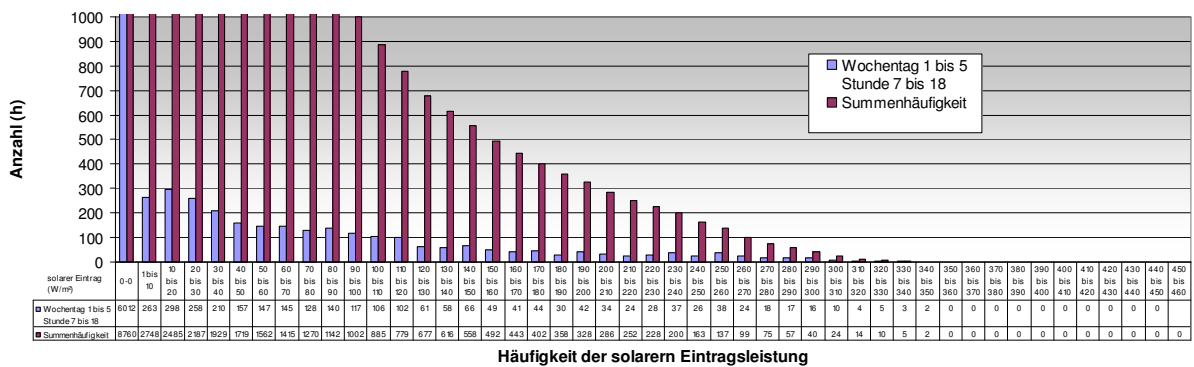


Abbildung 3.4.3.7- 108 Häufigkeiten solarer Einträge in der Betriebszeit

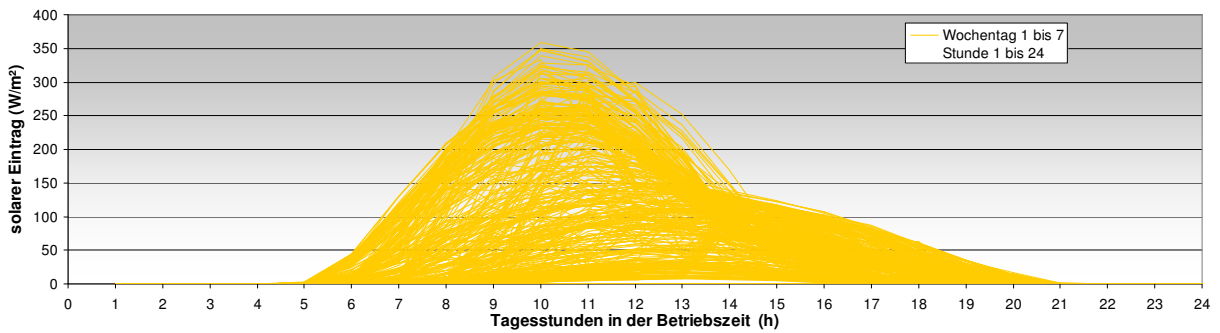


Abbildung 3.4.3.7- 109 Tagesverlauf solarer Einträge

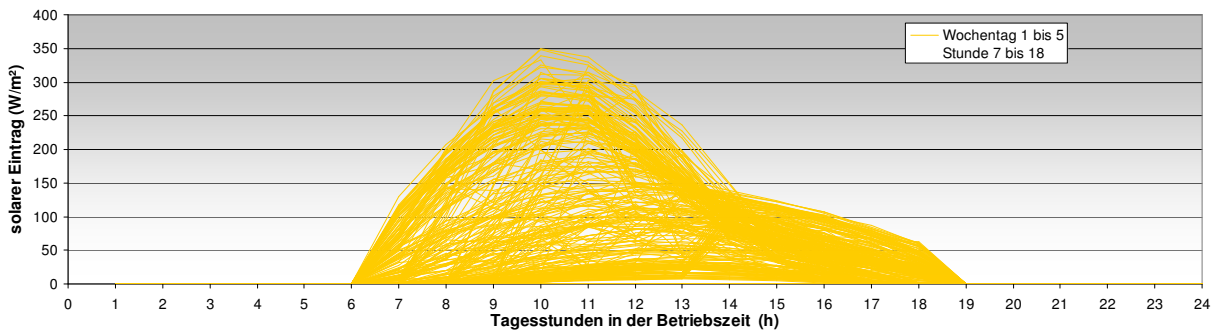


Abbildung 3.4.3.7- 110 Tagesverlauf solarer Einträge in der Betriebszeit

Verwendetes Nutzerprofil

in Anlehnung an EN 15232 (Energieeffizienz von Gebäuden) wurde nachfolgend ein Nutzungsprofil für Montag bis Freitag mit den jeweilig resultierenden Lasten erstellt.

Am Wochenende findet keine Nutzung statt.

Wie im Diagramm zu erkennen ist, werden die jeweilig ermittelten Maximallasten mit dem Belegungsgrad (Occ) multipliziert. Das so auf eine durchschnittliche Büronutzung reduzierte Profil lässt eine Bewertung der Jahresenergiemenge zu.

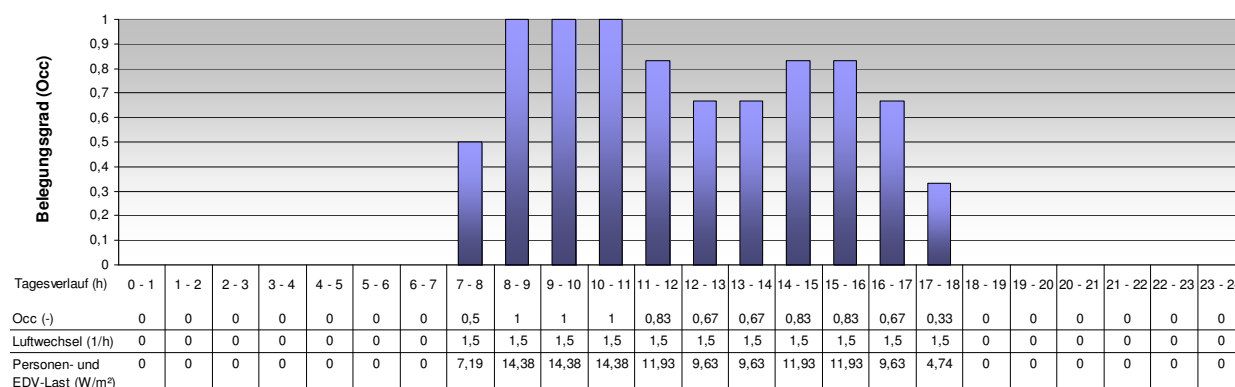


Abbildung 3.4.3.7- 111 Nutzungsprofil für das Referenzbüro

Konditionierung

- Mindesttemperatur während der Belegungszeit: 21 °C
- Mindesttemperatur außerhalb der Belegungszeit: 21 °C
- Mindesttemperatur am Wochenende: 21 °C
- Flure unbeheizt

Beleuchtung

- Bürozone: 12,35 W/m² (installierte Leistung)

Die Beleuchtung erfolgt durch manuelles Einschalten in der Zeit Mo-Fr 7:00-18:00 Uhr. Für die Simulation werden zunächst strahlungsabhängige Schaltzyklen generiert. Grundlage dieser Schaltaktionen sind Strahlungswerte der verwendeten Wetterdaten, ein mittlerer

Tageslichtquotient<sup>13</sup> von 4,7 % (Berechnung mit Relux siehe Anlage: Kapitel 3.4) und eine Zielbeleuchtungsstärke von 500 Lux im Arbeitsbereich. Bei geschlossenem Sonnenschutz wird davon ausgegangen, dass 50 % der Beleuchtung aktiviert wird.

Diese Annahmen führen zu folgenden Schalthäufigkeiten:

- 1184 Jahresstunden zu 100 % aufgrund von zu geringem Tageslichtanteil
- 490 Jahresstunden zu 50 % aufgrund von geschlossenem Sonnenschutz

Die Kombination beider Bedingungen lässt sich grafisch wie folgt darstellen:

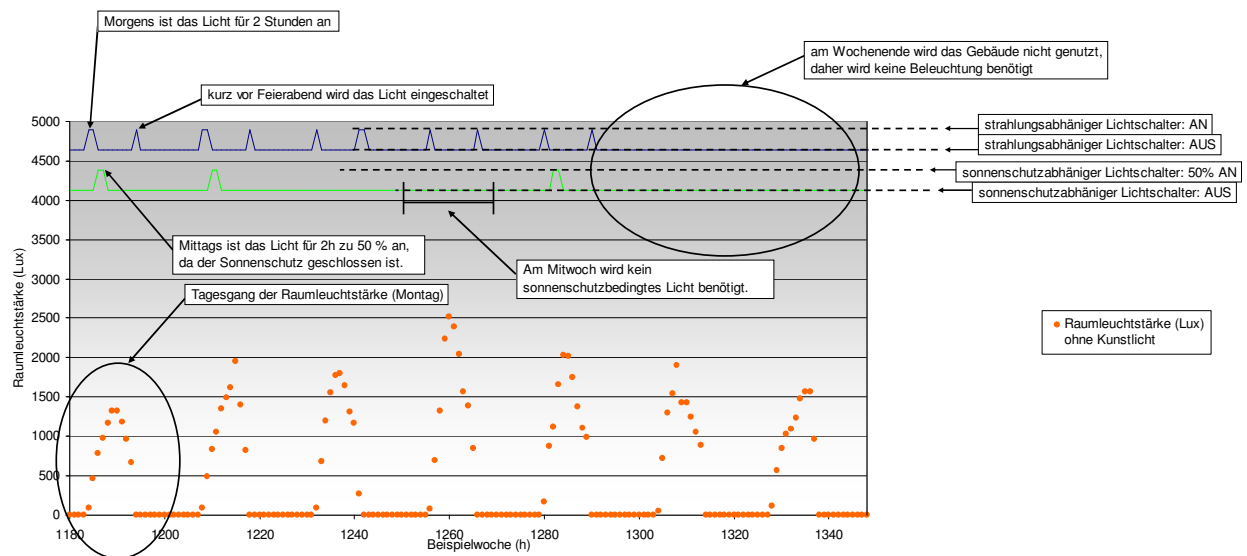


Abbildung 3.4.3.7- 112 Erläuterung für die folgenden Diagramme

<sup>13</sup> Das Verhältnis zwischen der Beleuchtungsstärke an einem gegebenen Punkt im Innenraum zur unverschatteten Beleuchtungsstärke im Freien, unter dem gleichen bedeckten Himmel.

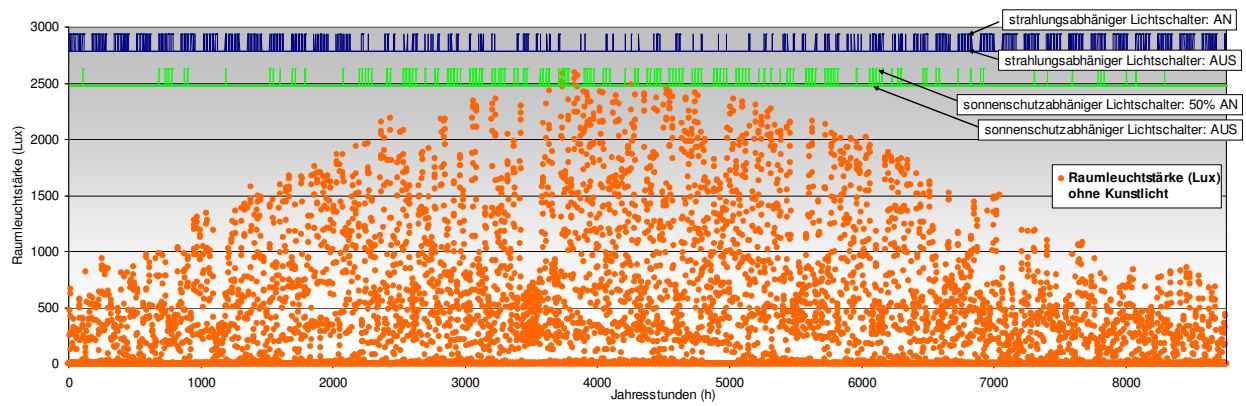


Abbildung 3.4.3.7- 113 Jahresverlauf der raumleuchtstärken- und sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

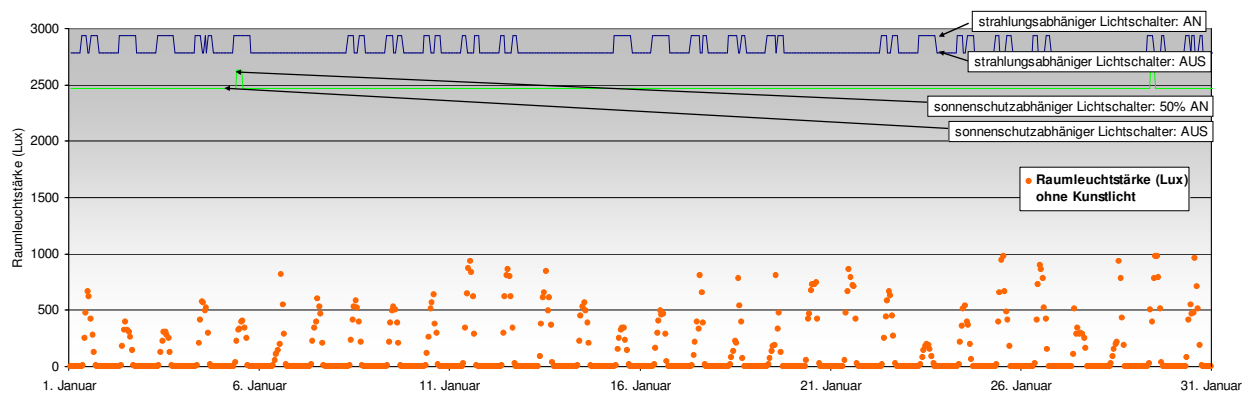


Abbildung 3.4.3.7- 114 Januarverlauf der raumleuchtstärken- und sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

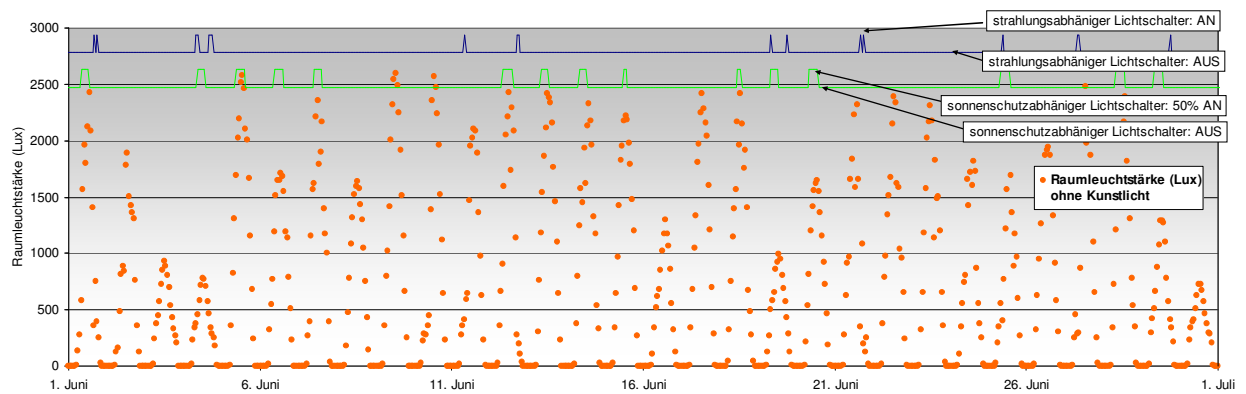


Abbildung 3.4.3.7- 115 Juniverlauf der raumleuchtstärken- und sonnenschutzabhängigen Kunstlichtschaltung

### Mindestvolumenstrom und Fensterlüftung

- Mindestluftwechsel: 1,5 1/h (mechanisch) während Betriebszeit
- Infiltration 0,1 1/h
- Fenster wird temperaturabhängig zum Kühlen gekippt (15°) während der Betriebszeit

Das nachfolgende Regelverhalten soll die vorliegende gemischte Belüftung der Büros darstellen:

Der Nutzer beginnt das Fenster zu kippen wenn die Temperatur im Raum 23°C erreicht. Bei 25°C ist das Fenster auf 15° gekippt. Wenn die Außentemperatur höher als die Raumtemperatur ist, wird das Fenster wieder geschlossen. Wenn der Wind stärker als 5 m/s ist, wird das Fenster geschlossen. Das Fenster ist das gesamte Wochenende geschlossen (Einbruchschutz).

Es herrscht grundsätzlich ein Mindestluftwechsel von 0,1 1/h durch Infiltration.

### **3.4.2.8 Beschreibung der Simulationen**

Um verschiedene Simulationsläufe miteinander vergleichen zu können, muss zunächst eine Basissimulation durchgeführt werden. Auf dieser aufbauend werden Änderungen benannt und vorgenommen um z. B. unterschiedliche Nutzung bzw. Varianten darzustellen.

Das Referenzbüro im 2. OG wird gemäß des in Kapitel 3 beschriebenen Profil dargestellt (Basissimulation). Als Vergleich wird das Büros auch im Leerstand d.h. nur Minimalbeheizung berechnet (Variante 1).

Eine weitere Variante wird im 3. OG untersucht. Diese Variante 2 erweitert die Basissimulation um eine unterstützende Kühlung der Zuluft.



### 3.4.3.9 Basissimulation 2.OG

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3.4.3.2 – 3.4.3.7.

#### Temperaturverläufe

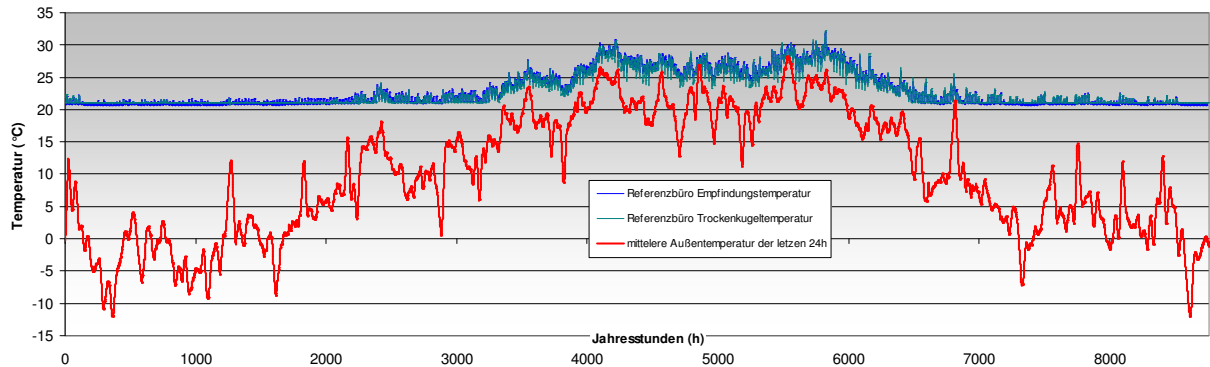


Abbildung 3.4.3.9- 116 Basissimulation Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

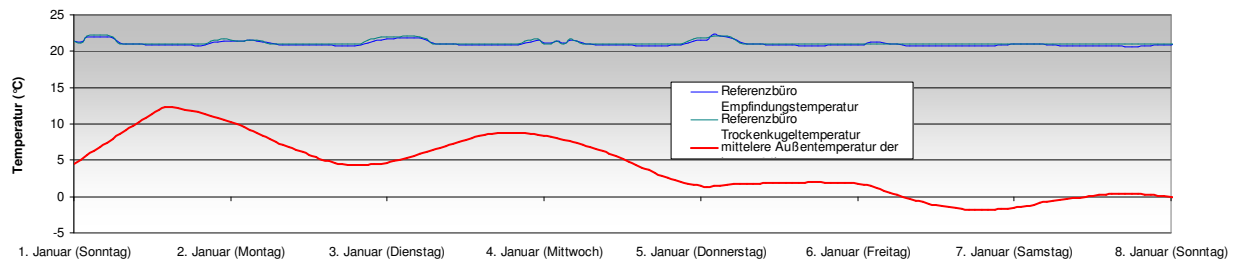


Abbildung 3.4.3.9- 117 Basissimulation: Temperatur in Januarwoche

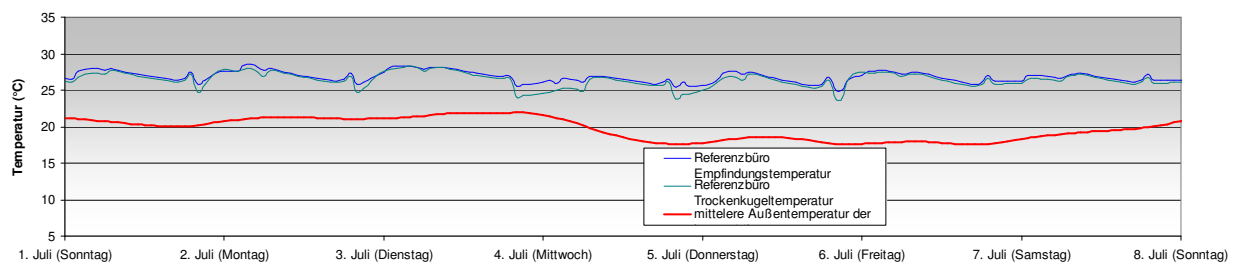


Abbildung 3.4.3.9- 118 Basissimulation: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

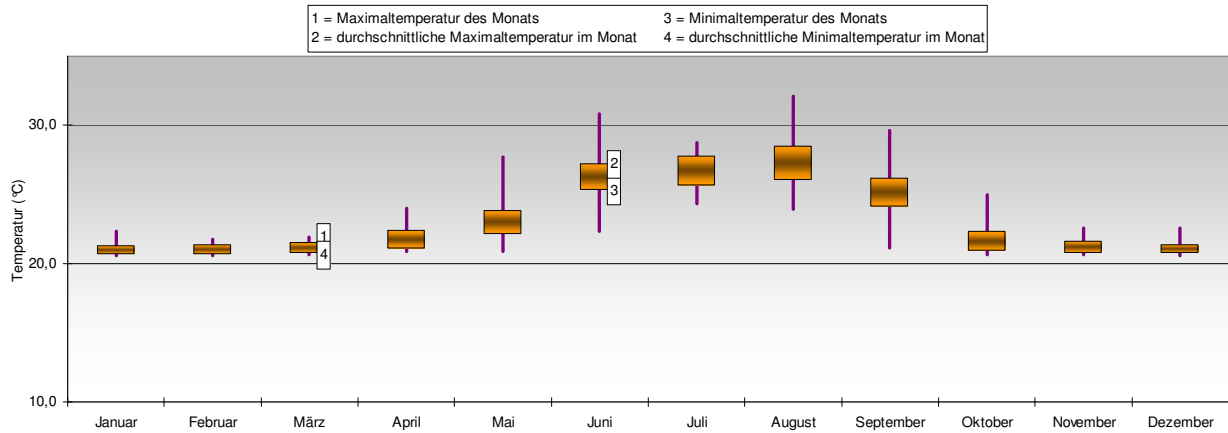


Abbildung 3.4.3.9- 119 Basissimulation: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

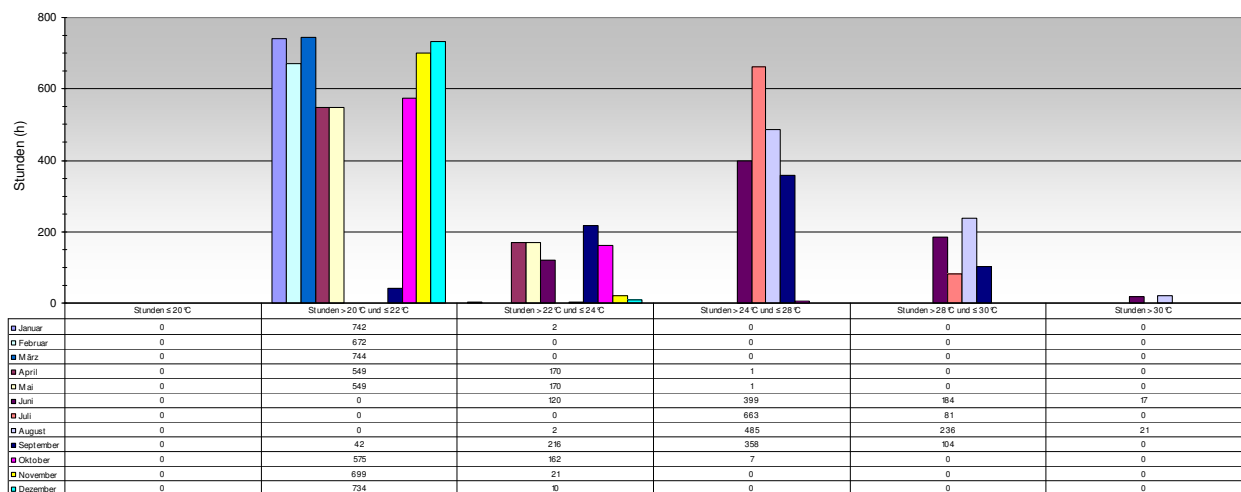


Abbildung 3.4.3.9- 120 Basissimulation: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Lufttemperatur<br>(°C)  | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 867               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 459               | 2004                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 505               | 1545                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 192               | 1040                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 204               | 848                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 129               | 644                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 149               | 515                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 165               | 366                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 122               | 201                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 56                | 79                      |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 19                | 23                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 1                 | 4                       |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 3                 | 3                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Empfindungstemperatur<br>(°C)   | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 456               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 917               | 2415                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 398               | 1498                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 149               | 1100                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 175               | 951                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 185               | 776                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 156               | 591                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 175               | 435                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 166               | 260                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 69                | 94                      |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 21                | 25                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 3                 | 4                       |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 1                 | 1                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

Abbildung 3.4.3.9- 121 Basissimulation Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur

Kategoriedarstellung gem. EN 15251

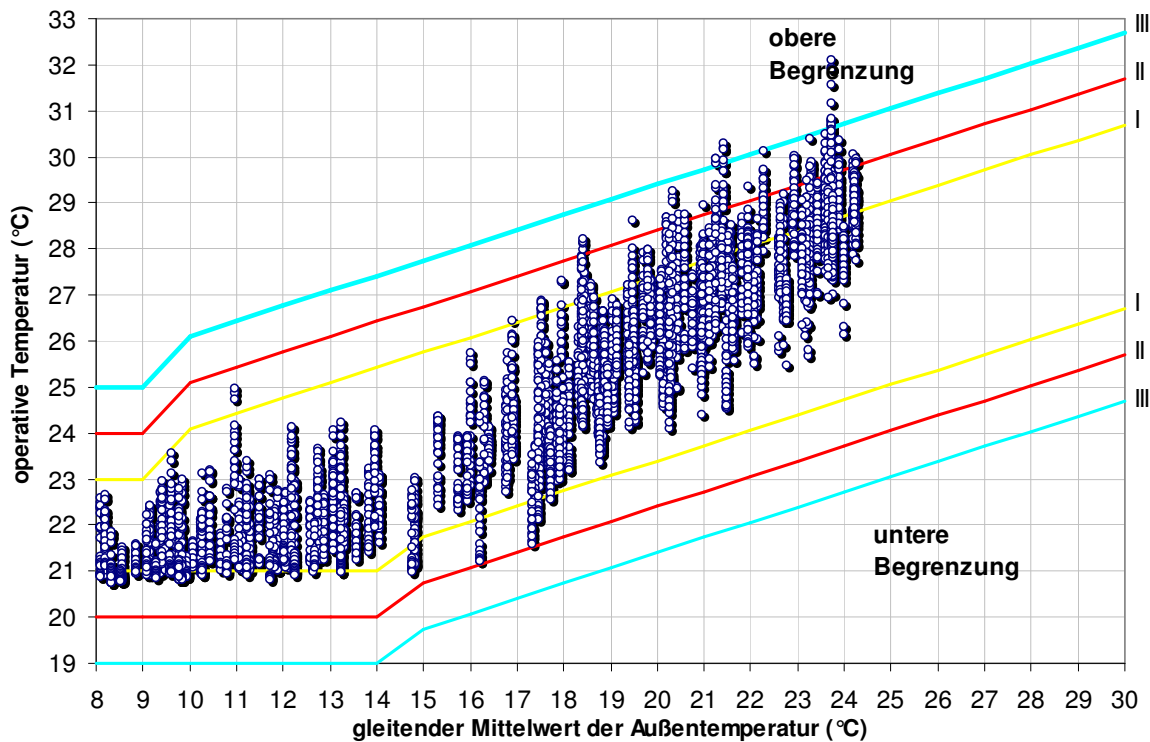


Abbildung 3.4.3.9- 122 Basissimulation Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur, Kategoriegrenzen für natürlich belüftete Gebäude

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 2142             | 720               | 80                 |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 24,5%            | 8,2%              | 0,9%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 868              | 284               | 51                 |
| Stunden gesamt     | 2871             | 2871              | 2871               |
| Überschreitung (%) | 30,2%            | 9,9%              | 1,8%               |

Lastauswertungen

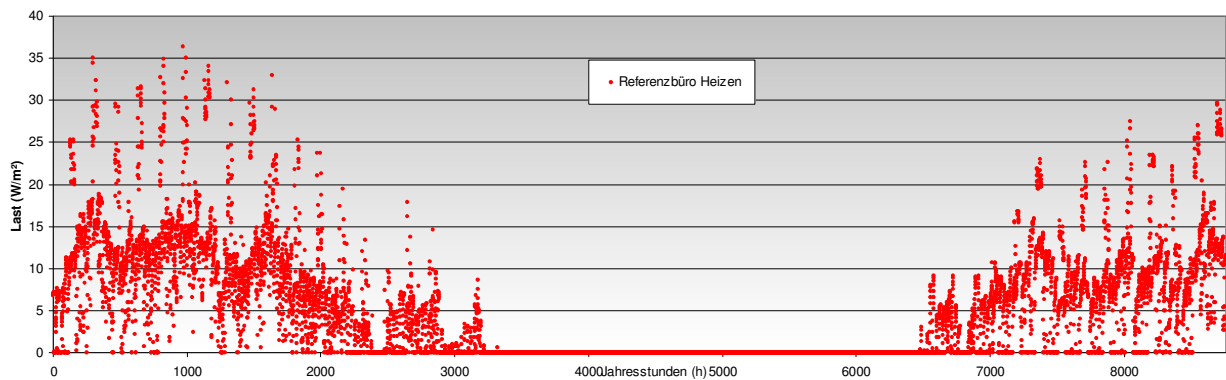


Abbildung 3.4.3.9- 123 Basissimulation Jahreslastverteilung

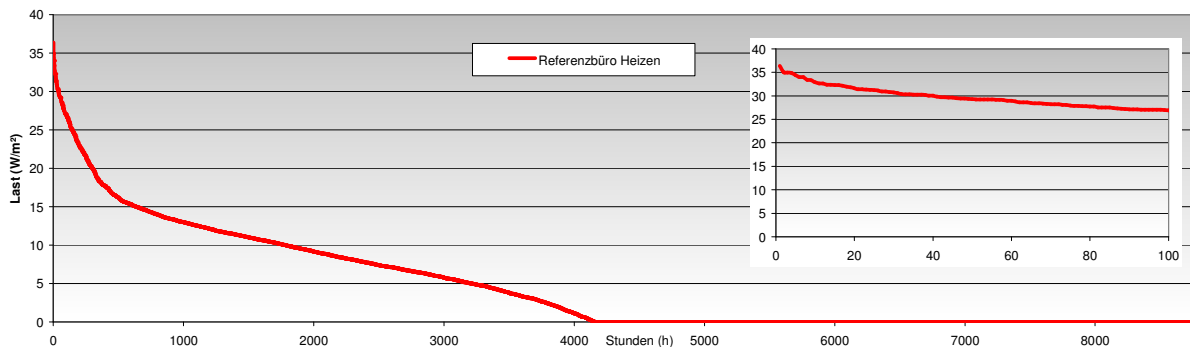


Abbildung 3.4.3.9- 124 Basissimulation: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 40,6 kW/m<sup>2</sup>a

maximale Heizlast 36,4 W/m<sup>2</sup>

Betriebsstunden: 4.155 h

Vollaststunden: 1.115 h

### 3.4.3.10 Variante 1

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3.4.3.2 – 3.4.3.7, jedoch folgende Änderungen:

Fenster immer geschlossen; Infiltration 0,1 1/h; keine Personen-, Licht-, und Gerätelasten; kein Sonnenschutz

#### Temperaturverläufe

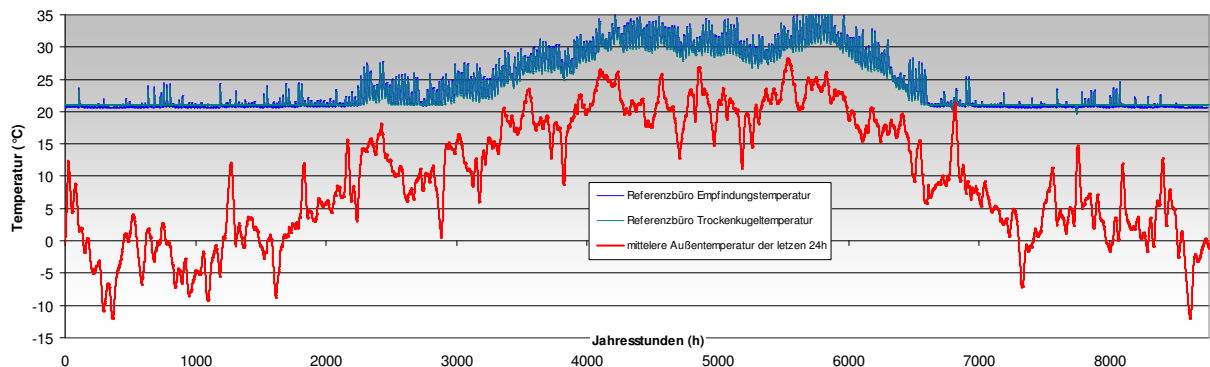


Abbildung 3.4.3.10- 125 Variante 1: Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

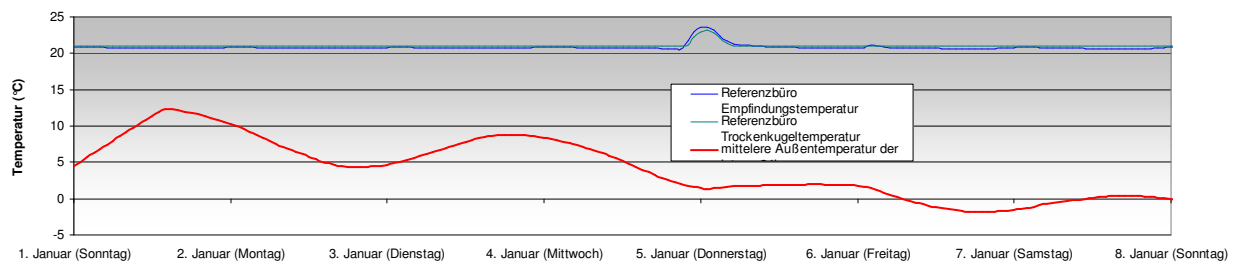


Abbildung 3.4.3.10- 126 Variante 1: Temperatur in Januarwoche

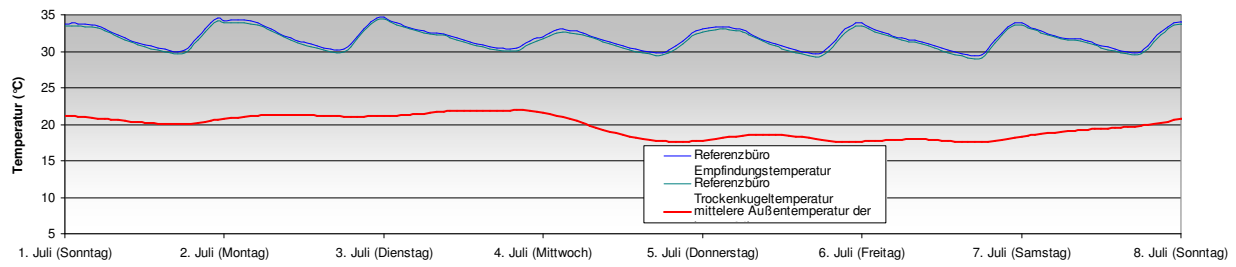


Abbildung 3.4.3.10- 127 Variante 1: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

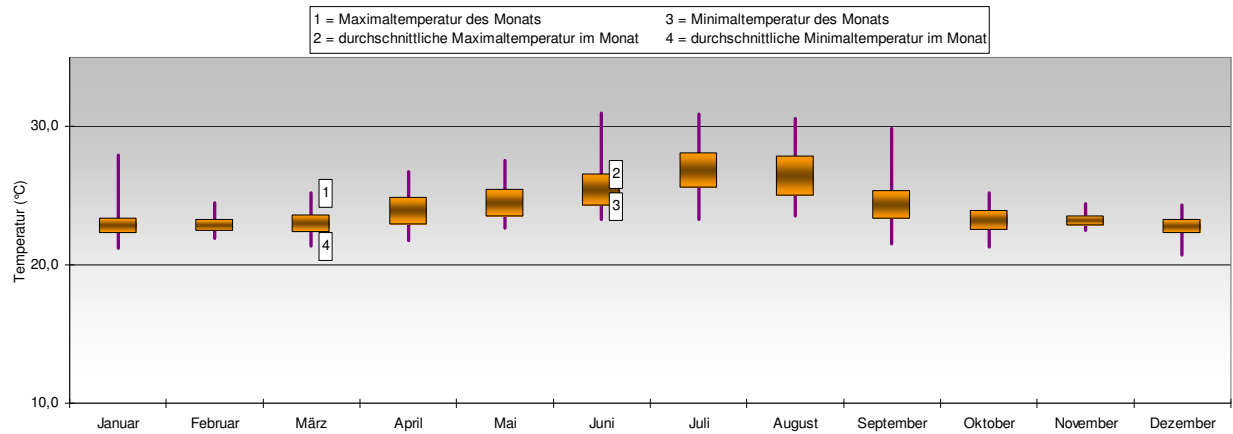


Abbildung 3.4.3.10- 128 Variante 1: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

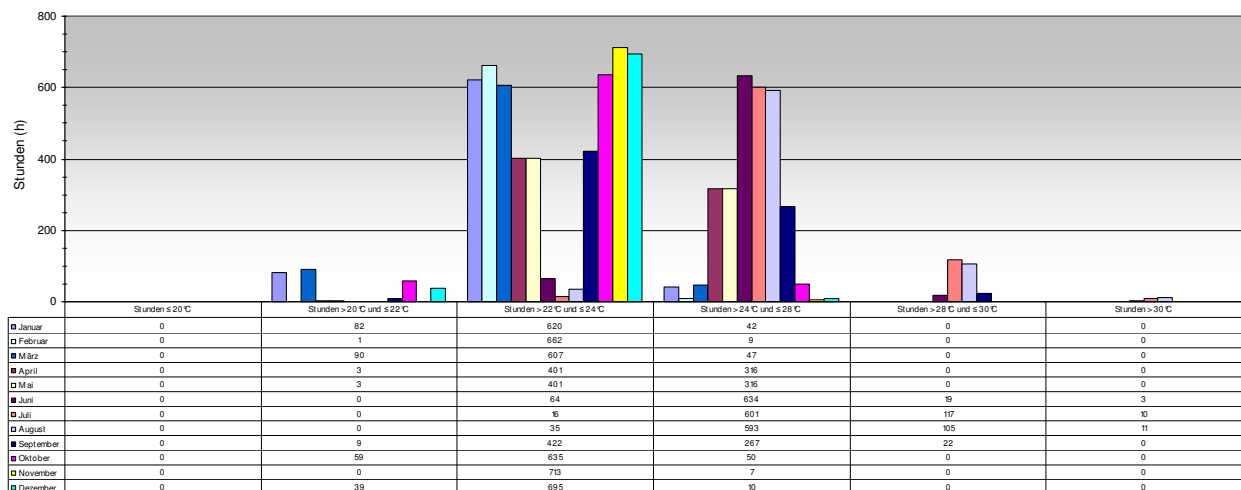


Abbildung 3.4.3.10- 129 Variante 1: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Lufttemperatur<br>(°C)  | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 1                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 1169              | 2870                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 197               | 1701                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 111               | 1504                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 131               | 1393                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 144               | 1262                    |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 95                | 1118                    |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 66                | 1023                    |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 75                | 957                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 93                | 882                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 137               | 789                     |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 135               | 652                     |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 171               | 517                     |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 171               | 346                     |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 113               | 175                     |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 55                | 62                      |
| Stunden > 35°C  | 7                 | 7                       |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Empfindungstemperatur<br>(°C)   | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 1                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 853               | 2870                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 462               | 2017                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 113               | 1555                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 135               | 1442                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 133               | 1307                    |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 133               | 1174                    |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 71                | 1041                    |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 66                | 970                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 84                | 904                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 112               | 820                     |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 148               | 708                     |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 178               | 560                     |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 146               | 382                     |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 149               | 236                     |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 74                | 87                      |
| Stunden > 35°C  | 12                | 13                      |

Abbildung 3.4.3.10- 130 Variante 1: Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur

Kategoriedarstellung gem. EN 15251

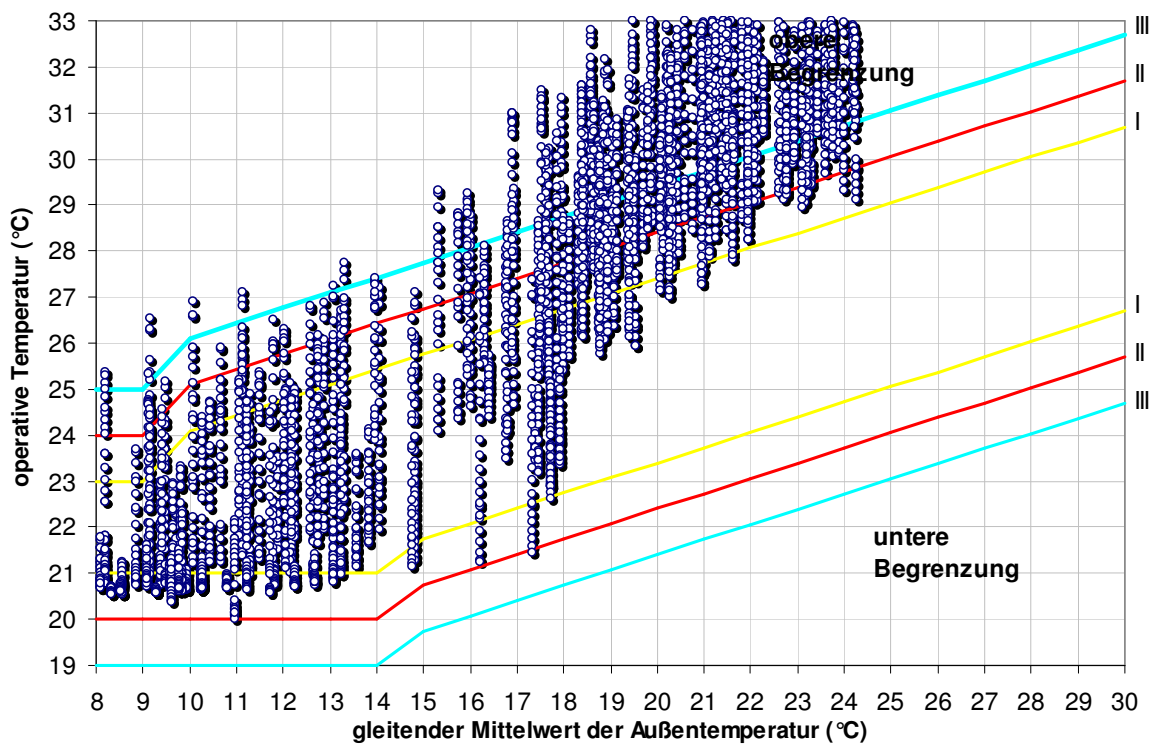


Abbildung 3.4.3.10- 131 Variante 1: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur, Kategoriegrenzen für natürlich belüftete Gebäude



Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 3146             | 2601              | 1914               |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 35,9%            | 29,7%             | 21,8%              |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1145             | 966               | 790                |
| Stunden gesamt     | 2871             | 2871              | 2871               |
| Überschreitung (%) | 39,9%            | 33,6%             | 27,5%              |

Lastauswertungen

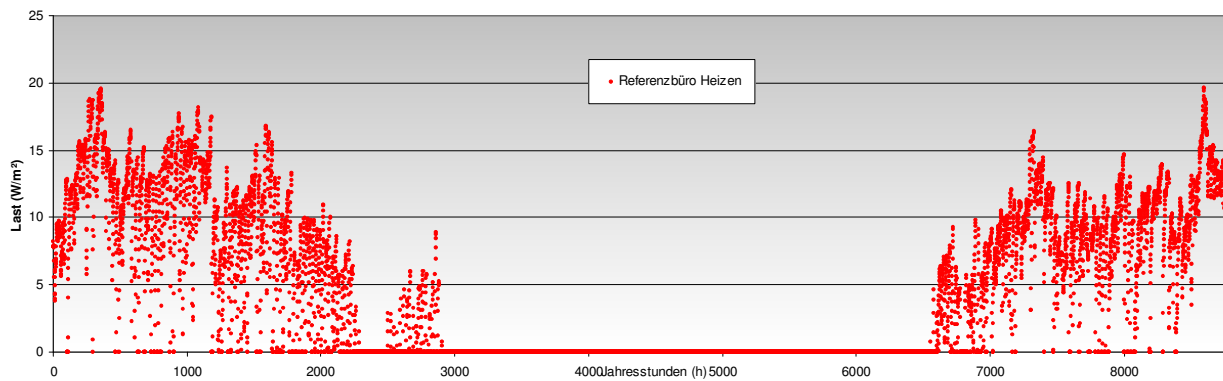


Abbildung 3.4.3.10- 132 Variante 1: Jahreslastverteilung

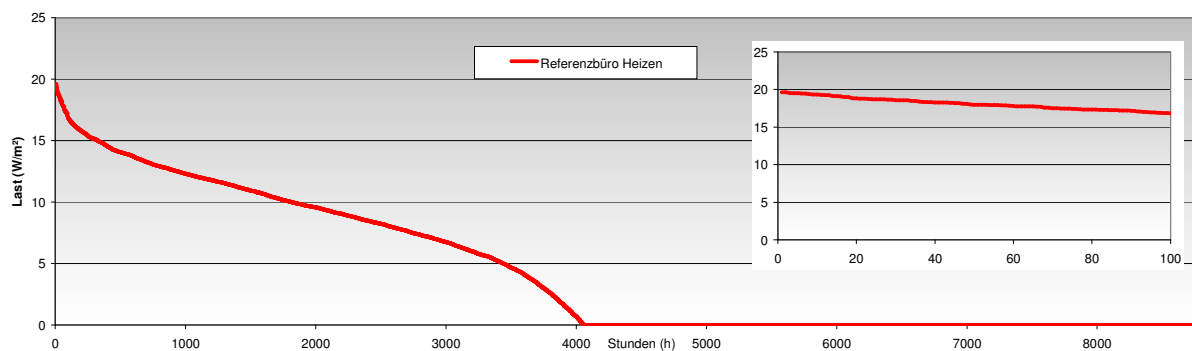


Abbildung 3.4.3.10- 133 Variante 1: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert

Jahressummen:

Jahresheizleistung: 37,9 kW/m<sup>2</sup>a

maximale Heizlast 19,6 W/m<sup>2</sup>

Betriebsstunden: 4.051 h

Vollaststunden: 1.931 h

### 3.4.3.11 Variante 2 Unterstützende Kühlung über RLT

Alle Annahmen gemäß Kapitel 3, jedoch folgende Änderungen:

Die Belüftung erfolgt ausschließlich über die RLT Anlage, die Zuluft wird bei Bedarf gekühlt.

Folgende Regelungsstrategie wird verwendet:

- Wenn das 24-Mittel unter 8 °C ist, wird die Zuluft auf 15 °C erwärmt
- Wenn das 24-Mittel über 12 °C ist, wird die Zuluft auf 17 °C gekühlt

- Während der Betriebszeit herrscht in den Büros grundsätzlich ein 2,5-facher Luftwechsel

- Im Kühlfall wird dieser außerhalb der Betriebszeit verdoppelt

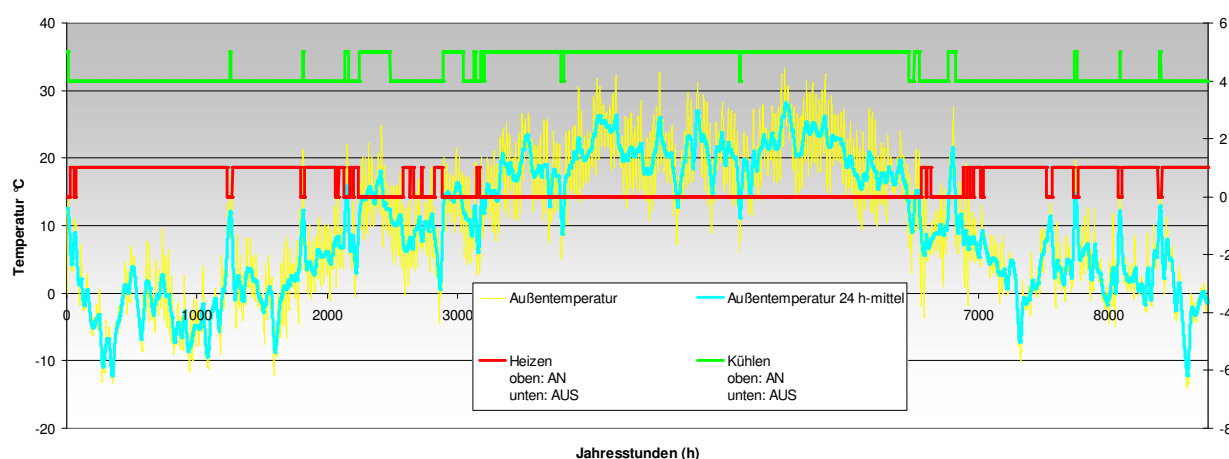


Abbildung 3.4.3.11- 134 Variante 2 Regelverhalten Zusatzkühlung

Temperaturverläufe

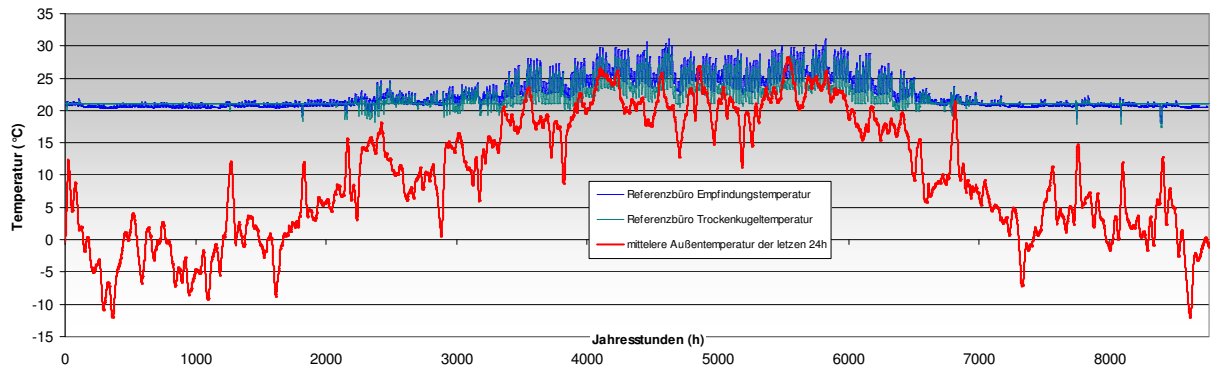


Abbildung 3.4.3.11- 135 Variante 2: Jahresverlauf der Temperatur im Referenzbüro

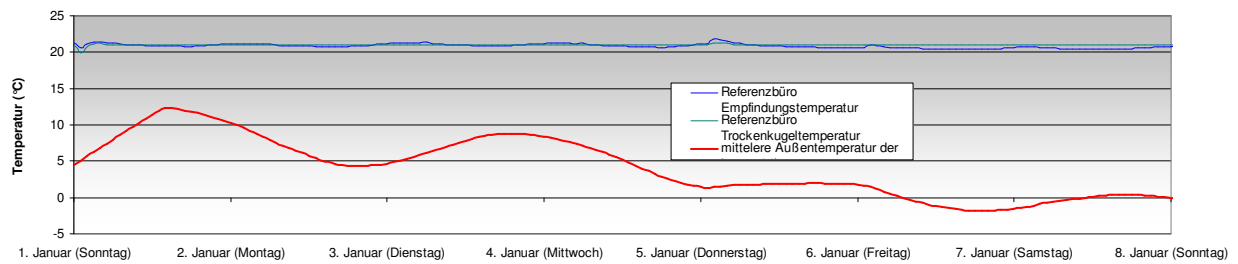


Abbildung 3.4.3.11- 136 Variante 2: Temperatur in Januarwoche

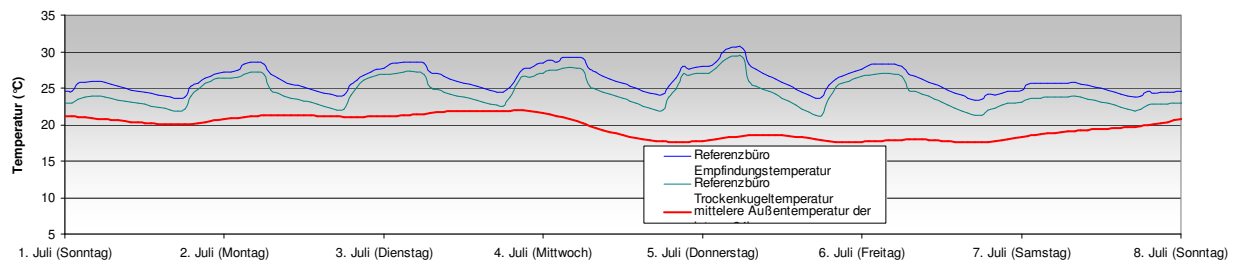


Abbildung 3.4.3.11- 137 Variante 2: Temperatur in Juliwoche

Temperaturauswertungen

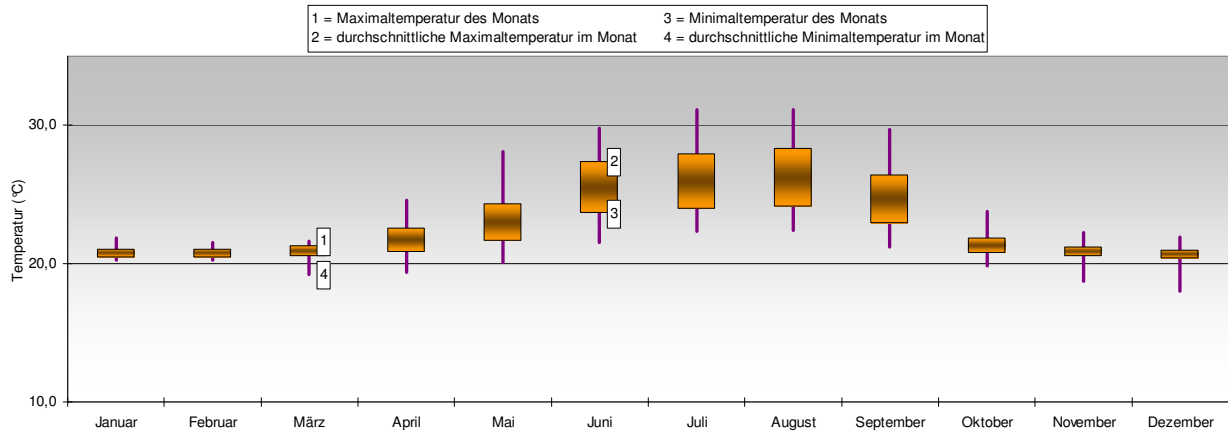


Abbildung 3.4.3.11- 138 Variante 2: Temperaturbanddarstellung Empfindungstemperatur

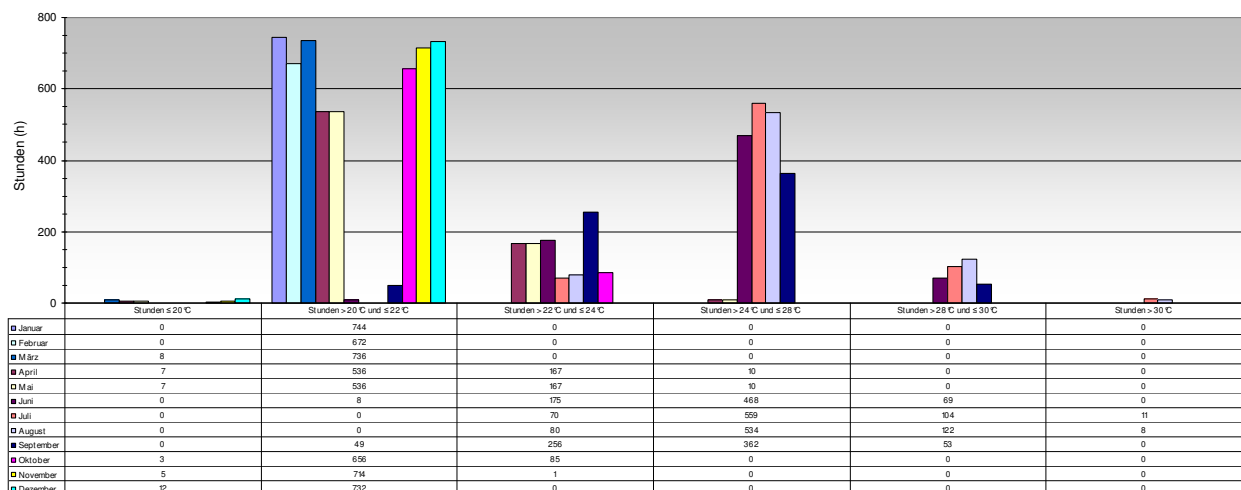


Abbildung 3.4.3.11- 139 Variante 2: Jahreshäufigkeiten Empfindungstemperatur

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Lufttemperatur<br>(°C)  | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 9                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 1433              | 2862                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 287               | 1429                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 126               | 1142                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 113               | 1016                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 97                | 903                     |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 212               | 806                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 284               | 594                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 242               | 310                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 56                | 68                      |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 12                | 12                      |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

| Auswertung während der jährlichen Nutzungszeit<br>(Mo - Fr; 7 - 18 Uhr) |                   |                         |
|---|-------------------|-------------------------|
| Empfindungstemperatur<br>(°C)   | Häufigkeit<br>(h) | Summenhäufigkeit<br>(h) |
| Stunden ≤ 20°C  | 0                 | 2871                    |
| Stunden > 20°C und ≤ 21°C   | 736               | 2871                    |
| Stunden > 21°C und ≤ 22°C   | 827               | 2135                    |
| Stunden > 22°C und ≤ 23°C   | 203               | 1308                    |
| Stunden > 23°C und ≤ 24°C   | 99                | 1105                    |
| Stunden > 24°C und ≤ 25°C   | 111               | 1006                    |
| Stunden > 25°C und ≤ 26°C   | 106               | 895                     |
| Stunden > 26°C und ≤ 27°C   | 193               | 789                     |
| Stunden > 27°C und ≤ 28°C   | 238               | 596                     |
| Stunden > 28°C und ≤ 29°C   | 231               | 358                     |
| Stunden > 29°C und ≤ 30°C   | 108               | 127                     |
| Stunden > 30°C und ≤ 31°C   | 17                | 19                      |
| Stunden > 31°C und ≤ 32°C   | 2                 | 2                       |
| Stunden > 32°C und ≤ 33°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 33°C und ≤ 34°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 34°C und ≤ 35°C   | 0                 | 0                       |
| Stunden > 35°C  | 0                 | 0                       |

Abbildung 3.4.3.11- 140 Variante 2: Häufigkeiten in der Nutzungszeit Luft- und Empfindungstemperatur

Kategoriedarstellung gem. EN 15251 maschinell gekühlt

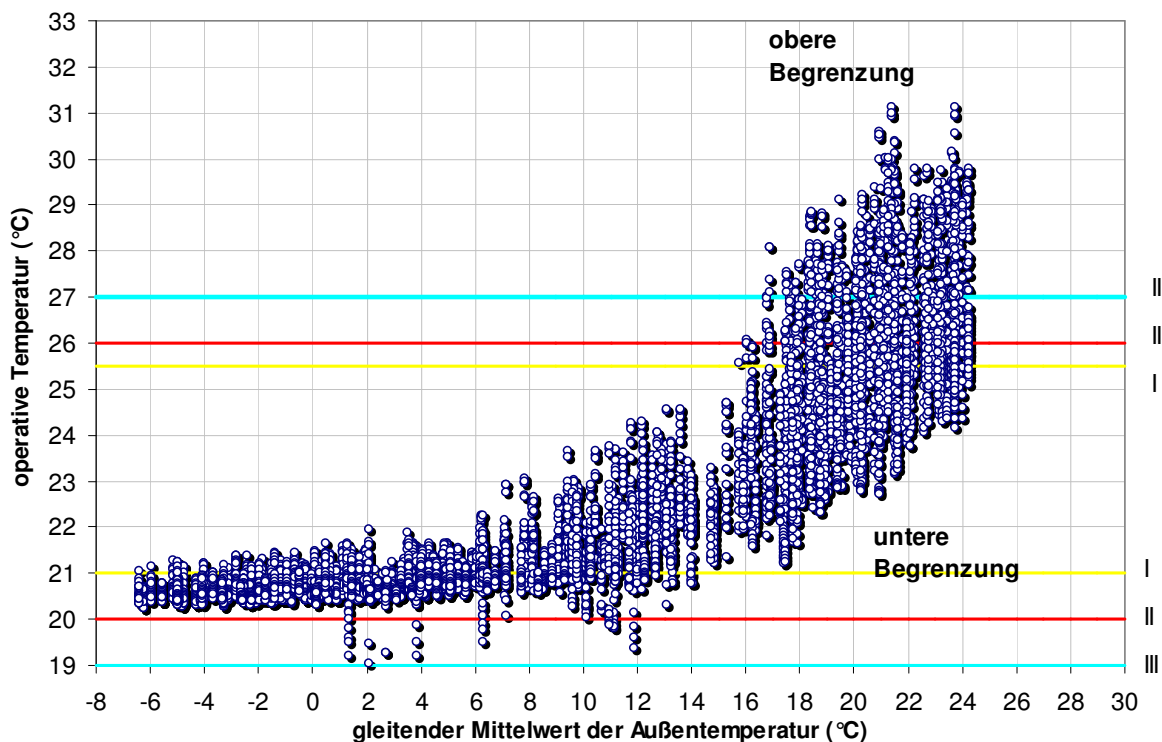


Abbildung 3.4.3.11- 141 Variante 2: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur, Kategoriegrenzen für maschinell gekühlte Gebäude

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 1460             | 1134              | 678                |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 16,7%            | 12,9%             | 7,7%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 790              | 717               | 523                |
| Stunden gesamt     | 2871             | 2871              | 2871               |
| Überschreitung (%) | 27,5%            | 25,0%             | 18,2%              |

- Hinweis: Nachtlüftungseffekt deutlich sichtbar

Kategoriedarstellung gem. EN 15251 natürlich belüftet

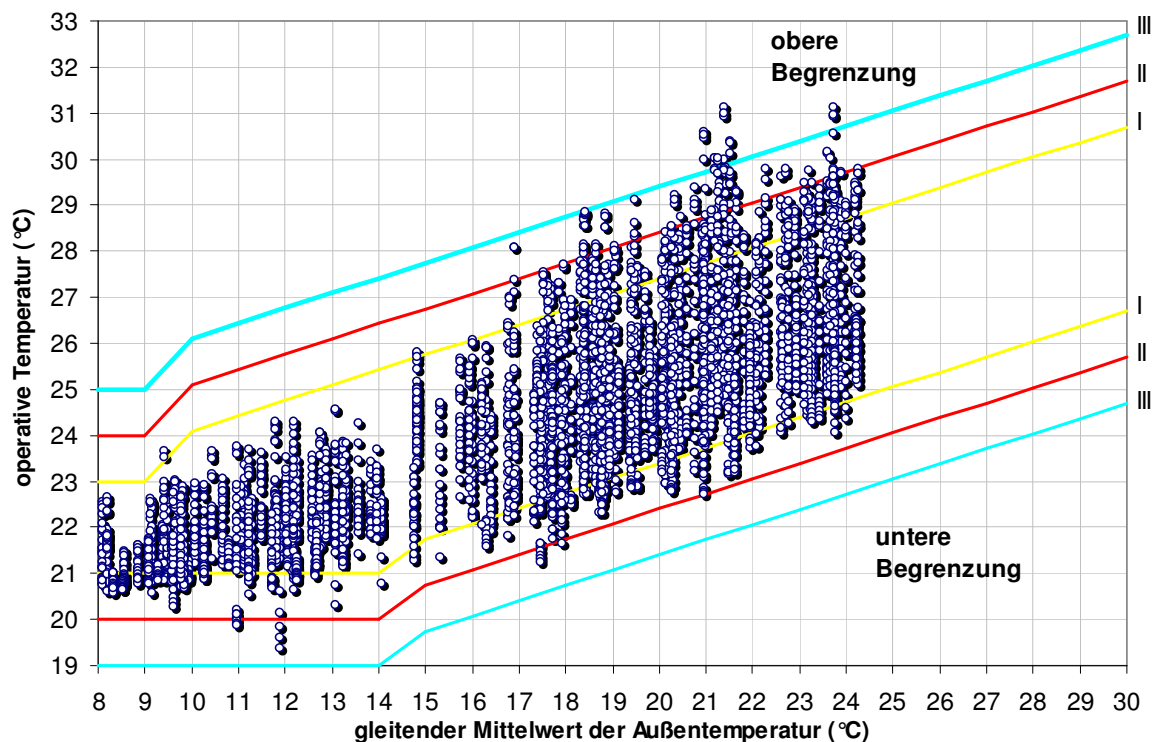


Abbildung 3.4.3.11- 142 Variante 2: Jahreswerte der operative Innenraumtemperatur dargestellt als Funktion des exponentiell gewichteten gleitenden Mittelwertes der Außentemperatur, Kategoriegrenzen für natürlich belüftete Gebäude

Jahresauswertung:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 464              | 104               | 18                 |
| Stunden gesamt     | 8760             | 8760              | 8760               |
| Überschreitung (%) | 5,3%             | 1,2%              | 0,2%               |

Auswertung Mo-Fr. 7-18 Uhr:

|                    | Kat.I: (Stunden) | Kat.II: (Stunden) | Kat.III: (Stunden) |
|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| Abweichung gesamt  | 377              | 80                | 13                 |
| Stunden gesamt     | 2871             | 2871              | 2871               |
| Überschreitung (%) | 13,1%            | 2,8%              | 0,5%               |

- Hinweis: Darstellung nur für Vergleichsmöglichkeit mit Basissimulation un Variante 1

Lastauswertungen

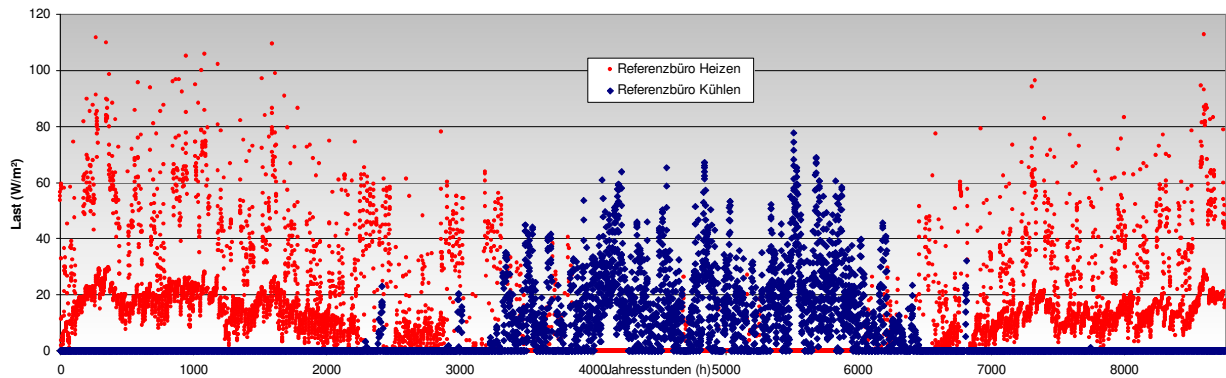


Abbildung 3.4.3.11- 143 Variante 2: Jahreslastverteilung

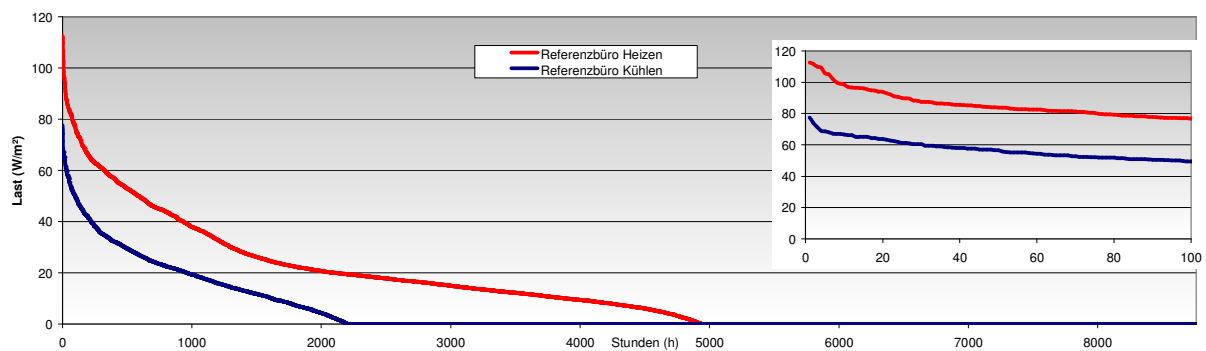


Abbildung 3.4.3.11- 144 Variante 2: Jahresdauerlinie d.h. Jahreslast absteigend sortiert



Jahressummen:

|                     |                           |                     |                          |
|---------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| Jahresheizleistung: | 118,6 kW/m <sup>2</sup> a | Jahreskühlleistung: | 44,5 kW/m <sup>2</sup> a |
| maximale Heizlast   | 112,6 W/m <sup>2</sup>    | maximale Kühllast   | 77,6 W/m <sup>2</sup>    |
| Betriebsstunden:    | 4.950 h                   | Betriebsstunden:    | 2.164 h                  |
| Vollaststunden:     | 1.054 h                   | Vollaststunden:     | 574 h                    |

### 3.4.3.12 Fazit

Aufgrund der Simulationsergebnisse ist festzustellen, dass sich mit den aufgeführten Randbedingungen bzw. Annahmen für die simulierten Varianten der Referenzbüros Temperaturen größer 26 °C in der angenommenen Nutzungszeit einstellen werden. Die Überschreitungshäufigkeit kann durch den Nutzer durch sinnvolle Nutzung des Sonnenschutzes und gezieltes Temperaturablüften beeinflusst werden.

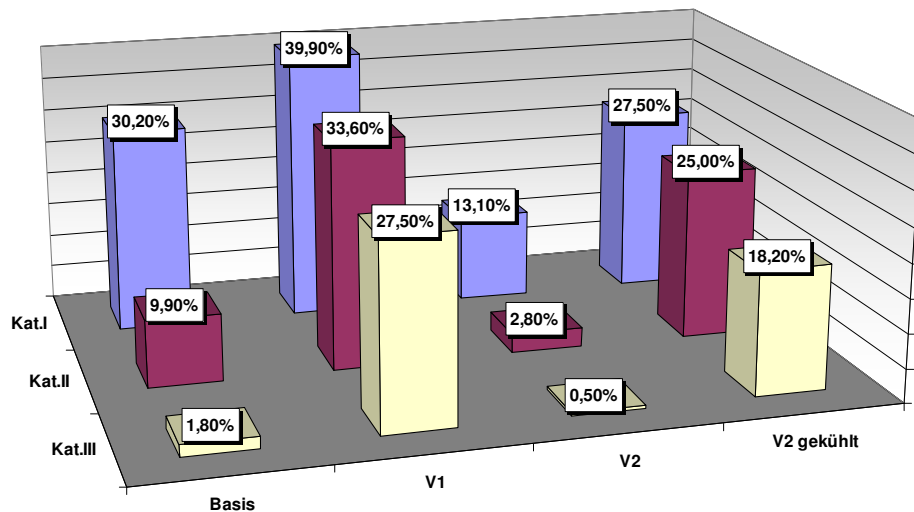


Abbildung 3.4.3.12- 145 Vergleich der Überschreitungshäufigkeit der jeweiligen Kategoriegrenze

Die Basissimulationen des Referenzbüros im 2. OG ist mit angenommenen, der Realität nahe kommenden Lasten und Nutzungszeiten durchgeführt. Diese Simulation stellt daher den derzeit

erreichbaren Stand dar. Durch das temperaturgeführte Wärmeabfließen im Sommer kann es zu jedoch zu akustischen Beeinträchtigungen durch Außenlärm kommen.

Variante 1 zeigt das Verhalten des ungenutzten Gebäudes. Fehlende innere Wärmegewinne werden durch die nicht benötigte Energie des Mindestluftwechsels kompensiert. Der solare Eintrag führt aufgrund des nicht genutzten Sonnenschutzes im Sommer zu sehr hohen Raumtemperaturen.

Variante 2 zeigt das Referenzbüro im 3. OG. Es unterscheidet sich von der Basissimulation, da in diesem Stockwerk eine unterstützende Kühlung über die RLT-Anlage erfolgt. Vergleicht man nun die Abweichungen nach DIN EN 15251, so scheint die gekühlte Variante 2b (0) eine sehr viel größere Übertemperaturhäufigkeit gem. Kategorie I, II und III als Variante 2a (0) zu haben. Dies ist allerdings auf die erhöhten Kategorie-Anforderungen für maschinell gekühlte Gebäude zurückzuführen. Im direkten Vergleich, mit dem gleichen Bewertungsmaß ist eine deutliche Reduzierung der Übertemperaturhäufigkeit gem. Kategorie I, II und III zu erkennen. Die Komfortverbesserung durch die unterstützende Kühlung ist daher im Vergleich von Basis (0) und Variante 2a (0) zu sehen.

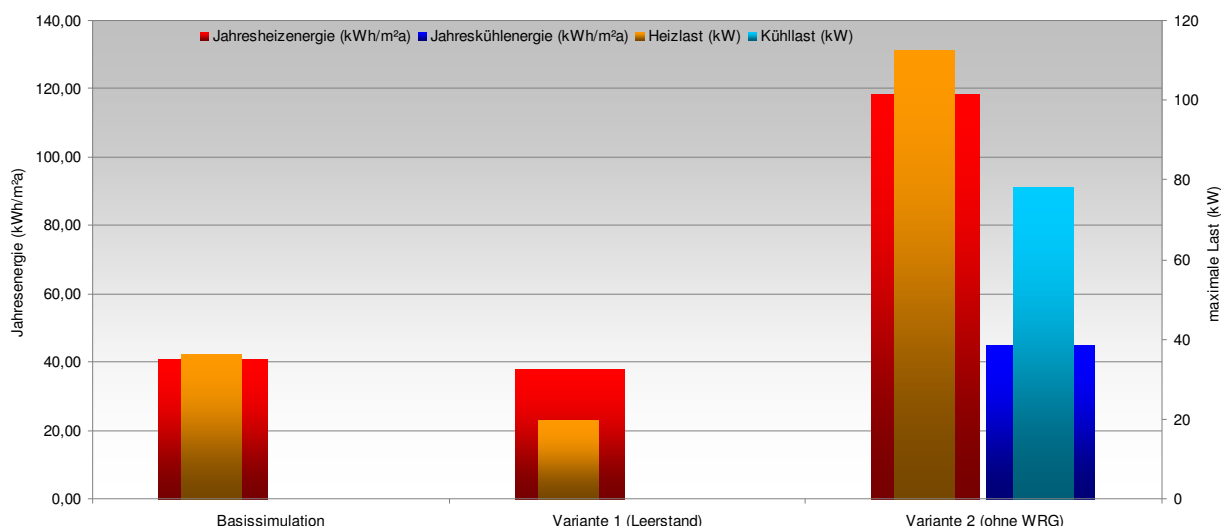


Abbildung 3.4.3.12- 146 Vergleichende Darstellung der Simulationsläufe

Eine weitere interessante Vergleichsgröße ist die benötigte Jahresenergie. Die verschiedenen Simulationen zeigen einen deutlichen Energiemehrbedarf für die Variante 2 gegenüber der Basissimulation. Die Jahresheizenergie ist jedoch ohne einen Wärmerückgewinner in der RLT-Anlage simuliert. Dieser kann die benötigte Jahresheizenergie erheblich mindern.

### **3.5 Energetischer Status – Energiebedarfsberechnung (EnEV)**

#### **3.5.1 Grundlagen**

Die Forschungsprojekte in der REG - Phase I unterstanden zum Zeitpunkt ihrer Erstellung unterschiedlichen Wärme- bzw. Energieeinsparverordnungen und somit unterschiedlichen Anforderungsprofilen. Dadurch sind die dortigen ermittelten Kennwerte der Gebäude nicht miteinander vergleichbar.

Um die Gebäude auf einen gleichen Stand zu bringen, wurden für sämtliche Bestandsgebäude der Nachweis nach der derzeit aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2007 [2007-07-24] geführt.

Die hier ermittelten Ergebnisse aus den Berechnungen nach EnEV 2007 können im Forschungsprojekt wie folgt weiterverwendet werden:

- Vergleich des normativ ermittelten Energiebedarfs aller Forschungsprojekte
- Grundlage für Ermittlung der Lebenszykluskosten lt. DGNB
- Grundlage für Ermittlung der Ökobilanzierungen lt. DGNB
- Vergleich des normativen Energiebedarfs mit den tatsächlichen Verbrauchskennwerten
- Vergleich des normativen Energiebedarfs mit rechnerisch ermittelten Energieverbrauchskennwerten aus Simulationsprogrammen

#### Methode und Kriterien

Die Energieeinsparverordnung 2007 sieht für Nichtwohngebäude die Berechnung gemäß Bilanzierungsmethode nach der DIN V 18599 [Energetische Bewertung von Gebäuden;2007-02] vor.

Dabei werden die einzelnen Primärenergiebedarfsanteile für Heizung, raumluftechnische Anlage, Kühlung, Dampfversorgung, Warmwasser und Beleuchtung für die Bestimmung des Höchstwertes ermittelt.

Übersicht der DIN V 18599 [Energetische Bewertung von Gebäuden;2007-02]

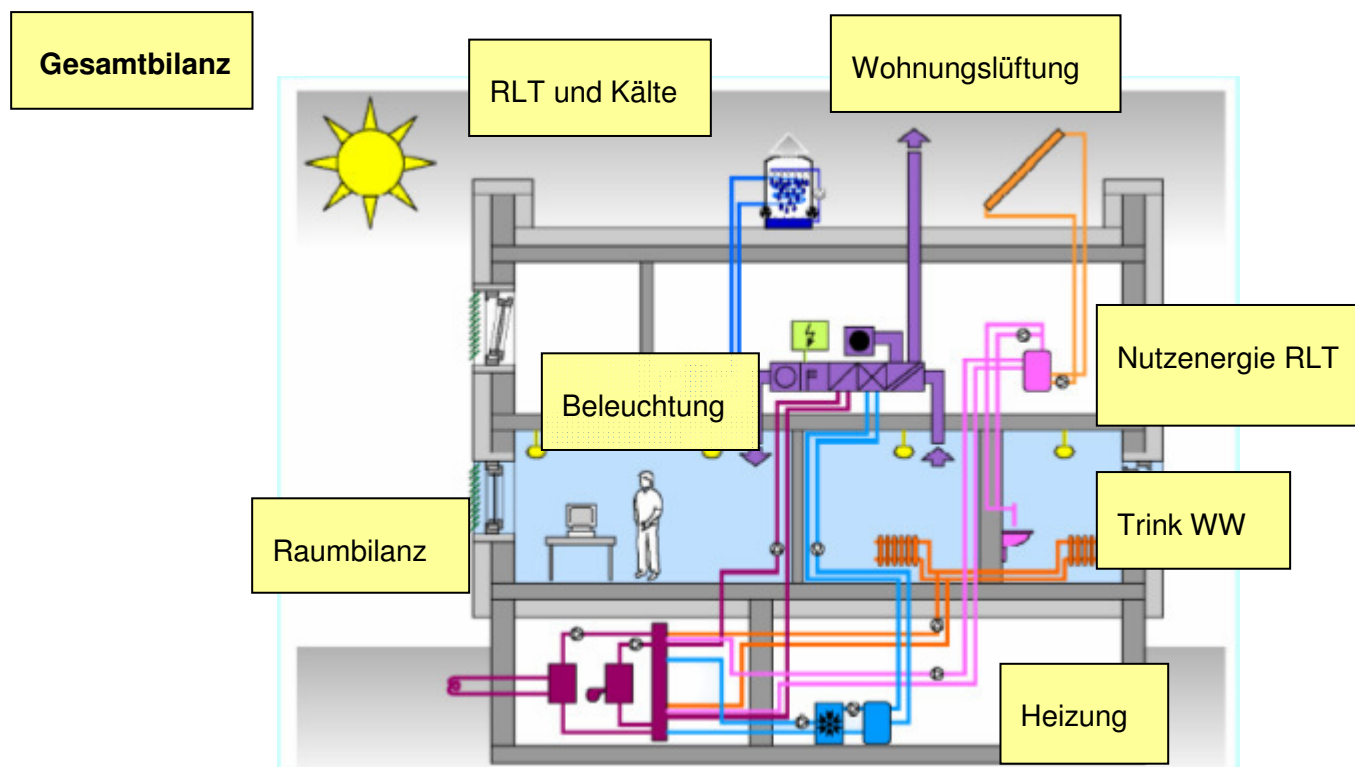


Abbildung 3.5.1.- 1: Übersicht über die Teile der DIN V 18599 [ DIN V 18599-1: 2007-02)]

Die DIN V 18599 sieht eine ganzheitliche Energiebedarfsbilanzierung des jeweiligen Gebäudes über das ganze Jahr betrachtet vor. Dadurch erfolgt eine gemeinschaftliche Bewertung des Baukörpers, der Nutzung und der Anlagentechnik. Vor der energetischen Bilanzierung wird das Gebäude in Zonen unterschiedlicher Nutzungsprofile eingeteilt. Die verschiedenen Nutzungsprofile wie Nutzungszeiten, Raumkonditionen, Mindestaußenluftvolumenstrom, Beleuchtung, Personenbelegung und innere Wärmequellen sind in der DIN V 18599 Teil 10 [Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten;2007-02] hinterlegt.

Diese Nutzungsrandbedingungen wurden in dieser Berechnung unverändert übernommen.

Die Eingabe der TGA-Kennwerte erfolgte größtenteils unter Verwendung der normativen Standardangaben. Bei vorhandener Fachplanung wie z.B. der Beleuchtung oder der Heizungsrohrverteilungen wurden die Werte optimiert und der tatsächliche Ist-Zustand gemäß der vorhandenen Fachplanung eingegeben.

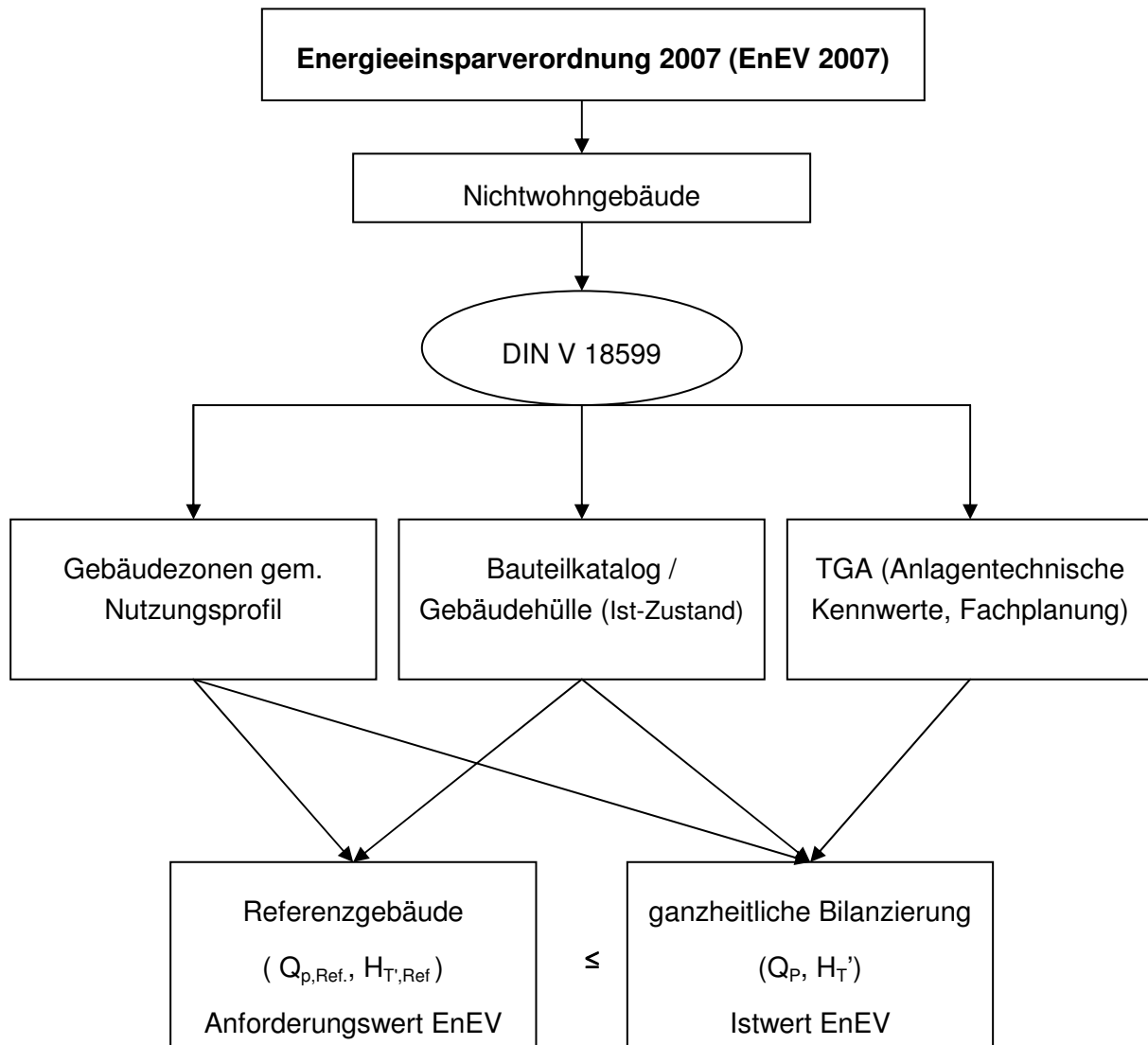


Abbildung 3.5.1.- 2: Schematisches Anforderungsprofil für Nichtwohngebäude gemäß EnEV 2007 [ 2007-07-24]

Mit der EnEV 2007 sind neu zu errichtende Nichtwohngebäude so auszuführen, dass der Jahres-Primärenergiebedarf  $Q_p$  für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Kühlung und eingebaute Beleuchtung den gebäudespezifischen Wert des Jahres-Primärenergiebedarfes des Referenzgebäudes  $Q_{p,Ref}$  nicht überschreitet.

Die Berechnung des gebäudespezifischen Grenzwertes des Referenzgebäudes  $Q_{p,Ref}$  erfolgt analog der Berechnung des Jahresprimärenergiebedarf  $Q_p$  nach der DIN V 18599 [2007-02].

D.h. der Referenzwert des Referenzgebäudes wird entsprechend der Ist-Gebäude-Geometrie, dem Ist-Gebäude-Volumen, der Ist-Gebäude-Zonierung und der Ist-Nutzung angepasst. Der Unterschied liegt allein bei der Eingabe der anlagentechnischen Nutzung und der Tageslichtversorgung. Hier werden für das Referenzgebäude nicht die Ist-Werte berücksichtigt, sondern die festgelegten Eingabeparameter der EnEV 2007 übernommen.

Als Nebenanforderung sind Nichtwohngebäude so auszuführen, dass der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogener Transmissionswärmetransferkoeffizient  $H_T$  die angegebenen Höchstwerte gemäß EnEV 2007, Anhang 2, Tab. 2 nicht überschreitet. Die Höchstwerte basieren in Abhängigkeit des Formfaktors  $A/V_e$ .

Für die Berechnung wurde die Software IBP 18599 High End (Version 2.8.0.239) des Kooperationsverbundes Heilmann Software/IBP (vormals 5S-AG) verwendet.

## Ziele

Folgende Ziele werden im nachfolgenden Bericht verfolgt:

- Ermittlung des normativen Energiebedarfs lt. EnEV 2007
- Auswertung der Ergebnisse, Basis Anforderungen lt. EnEV 2007
- Ermittlung des normativen Energiebedarfs pro Zone, lt. EnEV 2007
- Vergleichsstudie des gebäudespezifischen Energiestandards (Primärenergiebedarf-Heizung) von der 1. WSchVO bis EnEV 2007
- Vergleich des normativen Energiebedarfs mit Verbrauchskennwerten des Gebäudes
- Ermittlung der Wirkungsbilanzen lt. DGNB

## **3.5.2 Züblin-Haus**

### **3.5.2.1 Gebäudespezifische Kriterien**

#### Gebäudespezifischer Energiestandard zum Zeitpunkt der Erstellung

Das Nichtwohngebäude Züblinhaus wurde in den Jahren 1983-1984 erstellt. Es handelt sich um ein Verwaltungsgebäude aus 2 beinahe baugleichen Gebäudeteilen die mit einer dazwischen liegenden Glashalle verbunden sind. Das Züblinhaus besteht aus 6 aufgehenden Geschossen. Das Bürogebäude hat eine längliche, in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete Form und ist zweigeschossig unterkellert. In den Untergeschossen befinden sich neben Lager- und Technikräume, die Tiefgarage und die beheizten Treppenhäuser.



Zu dem Zeitpunkt der Erstellung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes gemäß der Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (kurz Wärmeschutzverordnung) vom August 1977 in Verbindung mit der DIN 4108-[ Wärmeschutz im Hochbau;1981-08] Pflicht.

Die 1. Wärmeschutzverordnung machte folgenden Nachweis zur Pflicht:

- Begrenzung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizient  $k_m$
- Begrenzung des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für Wand und Fenster in Höhe von  $k_{m,W+F} \leq 1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$

Die Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfes war zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich.

Das Verhältnis zwischen der wärmeübertragenden Umfassungsfläche  $A$  und dem beheizten Volumen  $V$  eines Gebäudeteils beträgt für das Züblinhaus:  $A/V = 0,259 \text{ m}^{-1}$

Mit diesem Wert erhielt man in der WSchVO 1977 Anlage 1, Tabelle 1 den Grenzwert für den max. Wärmedurchgangskoeffizienten in Höhe von  $k_{m,max} = 1,343 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Der tatsächliche errechnete Wert für den mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten lag bei  $k_{m,ist} = 1,129 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Der Grenzwert wurde demnach reell um ca. 15,9% unterschritten.

Der für die damalige Zeit gute mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,ist}$  wird nur durch den Ansatz der Reduktionsfaktoren in Höhe von 0,5 für die Fassadenfläche zur Halle erreicht.

Für die Wärmeversorgung gibt es im Untergeschoß eine Heizzentrale (Niedertemperaturkessel, Erdgas), die Verteilung erfolgt innerhalb des Gebäudes und die Übergabe durch statische Heizflächen.

#### Gebäudespezifische Vorgehensweise




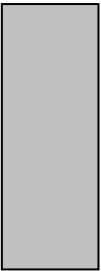
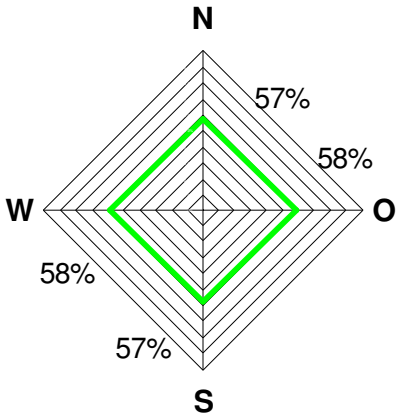
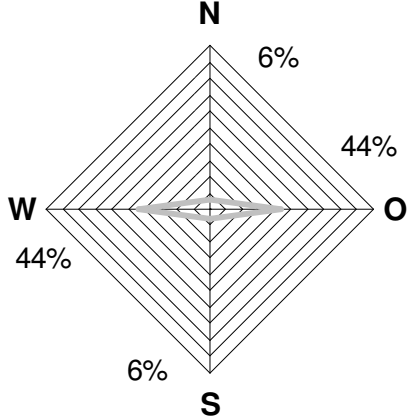


Um die Berechnung des Gebäudes gemäß der EnEV 2007 durchführen und bewerten zu können, mussten zuerst sämtliche Bestandspläne, Wärmeschutzgutachten, Details, etc. durchgesehen und überprüft werden.

Anhand der vorhandenen Bestandspläne (sowie Belegungspläne) und den Angaben der raumweisen, technischen Gebäudeausrüstung wurde das Züblinhaus dann gemäß der DIN V 18599 [2007-02] in die einzelnen Zonen unterteilt (siehe Anlage 3).

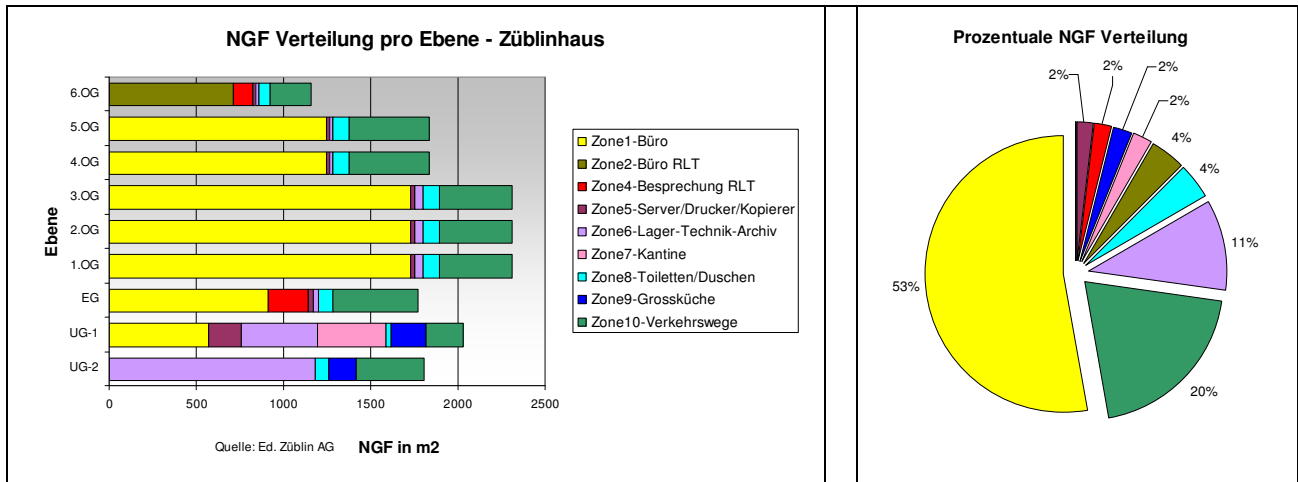
Die einzelnen Bauteile sowie ihre Aufbauten wurden der alten Ausführungsplanung entnommen und in einem Bauteilkatalog ( siehe gesondertes Kapitel „Bauteilkatalog“: 3.2.1 ff) zusammengefasst.

Gebäudespezifische Eingabedaten und Kennwerte für EnEV - Berechnung

Nachfolgend die wichtigsten Eingabedaten und Kennwerte für die EnEV-Berechnung:

| <b>Gebäudehülle / Gebäudekörper <sup>1)</sup></b>   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Beheizter BRI V<sub>b</sub>:</b><br> 61 096,4 m <sup>3</sup>                        | <b>Beheizte Gebäudehülle A:</b><br> 492,6 m <sup>2</sup>                         | <b>Nettogrundfläche (lt. EnEV) :</b><br> 17 377,7 m <sup>2</sup> NGF |
| <b>Geschosshöhe: 3,00 m (i. M.)</b>   | <b>Formfaktor A/Ve: 0,269</b>   | <b>Geschossanzahl ab EG: 6 Geschosse</b>  |
| <b>Orientierung:</b><br>   | <b>Fensterflächenanteil / Orientierung:</b><br>                                 | <b>Senkrechter Fassadenanteil / Orientierung:</b><br>               |
|   | <b>Gesamt-Fensterflächenanteil: 57,7 %</b>  |   |
| <b>Transmissionswärmeverlust</b><br><b>H<sub>T</sub>:</b><br> [W/(m <sup>2</sup> K)] | <b>Wärmebrückenzuschlag Δ U<sub>WB</sub> :</b><br> 0,15 [W/(m <sup>2</sup> K)] |   |
| <b>U-Wert opake Außenwand:</b><br>0,442/0,513 [W/(m <sup>2</sup> K)]  | <b>U-Wert Fensterelemente</b><br>2,60 [W/(m <sup>2</sup> K)]  | <b>U-Wert Dach / Kellerdecke</b><br>0,436-0,448 / 0,592 [W/(m <sup>2</sup> K)]  |

**Zonierung <sup>2)</sup>**



**TGA-Anlagen <sup>3)</sup>**

|                    | Ist-Zustand  | Referenzgebäude lt. EnEV 2007  |
|--------------------|--|--|
| <b>Kühlung</b>     | <b>Kompressionskältemaschine, direktes System</b>                                  | <b>Kolben/Scrollverdichter, luftgekühlt</b><br>Der Primärenergiebedarf für das Kühlsystem der RLT Anlage wurde bei den Nutzungen als Einzelbüro gleich Null gesetzt. |
| <b>Lüftung</b>     | <b>Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft (Zone 2,4,7,9) reine Abluftanlage Sanitär</b> | <b>Zu- und Abluftanlage, reine Abluftanlage Sanitär</b>  |
| <b>Beleuchtung</b> | <b>gem. Fachplanung, manuelle Beleuchtungskontrolle</b>                            | <b>direkte Beleuchtung, manuelle Kontrolle</b>   |
| <b>Warmwasser</b>  | <b>zentral, Leitungsführung innenliegend Küche und Sanitär</b>                     | <b>zentral, gemeinsame Erzeugung mit Heizung</b>   |
| <b>Heizung</b>     | <b>Niedertemperaturkessel Erdgas, freie Heizflächen unbeheizte Umgebung</b>        | <b>Niedertemperaturkessel, Erdgas, außerhalb thermische Hülle</b>  |

**Sonstiges**

Hauptnutzung ( Istzustand ) : Einzelbüro insges. 9 878 m<sup>2</sup> ( 14 m<sup>2</sup> NGF/Pers), Verkehrsflächen 3492,4 m<sup>2</sup> , Lager/Technik 1840 m<sup>2</sup>

- 1) Sämtliche U-Werte, siehe Kap. 3.1.2
- 2) Grundrissdarstellung der Zonierungsflächen, siehe Anlage 3
- 3) Genauere Beschreibung der vorhandenen TGA-Anlagen, siehe Kap. TGA

### 3.5.2.2 Ergebnisse

#### Ergebnisse des Gesamt-Primärenergiebedarfs $Q_p$ und Transmissionswärmeverlust $H_T$

| Anforderung | Ist-Zustand<br>Züblinhaus<br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau)  | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt   |
|-------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| $H_T$       | 1,10 W/m <sup>2</sup> K                        | 1,24 W/m <sup>2</sup> K     | 1,73 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt (Neubau)</b> |
| $Q_p$       | 359,70 kWh/m <sup>2</sup> a                    | 247,30 kWh/m <sup>2</sup> a | 346,20 kWh/m <sup>2</sup> a         | <b>nicht erfüllt</b>    |

Das Gebäude Züblinhaus kann in seiner vorhandenen Ausführung die Energieeinsparverordnung 2007 als Neubau und Bestandsgebäude nicht erfüllen. Der zulässige Jahresprimärenergiebedarf als Bestandsgebäude wird bereits um 3,8% überschritten.

Beim Transmissionswärmetransferkoeffizient erfüllt das Gebäude gem. der heutigen EnEV 2007 den Nachweis als Neubau.

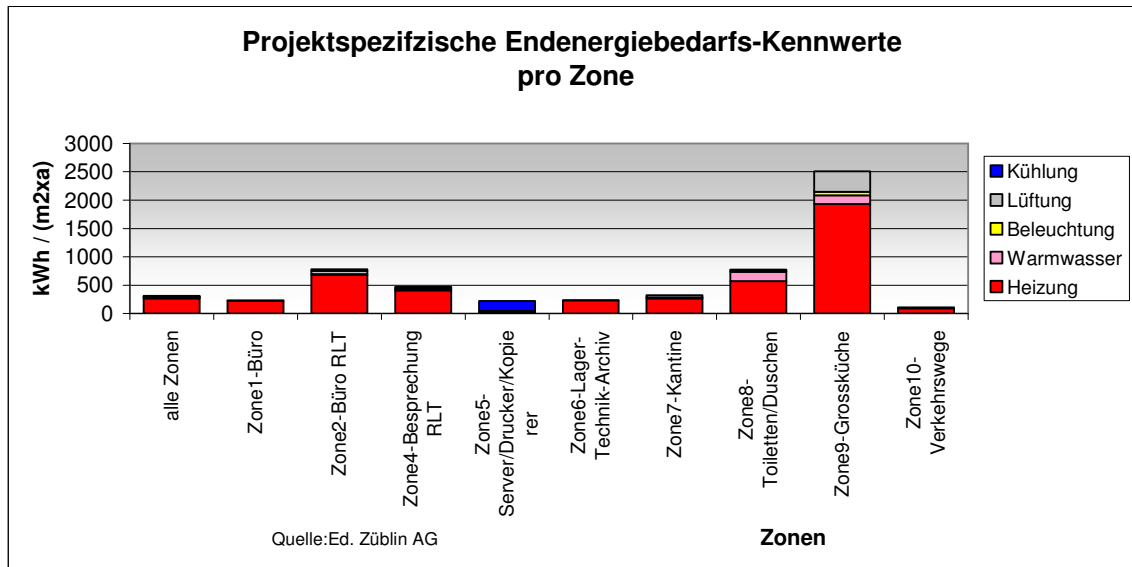
Dies wird jedoch nur durch den positiven Ansatz des Reduktionsfaktors  $f_x = 0,5$  für die Fassadenflächen zur nicht beheizten Glashalle erreicht.

#### Auswertung der Ergebnisse: End- und Primärenergiebedarf

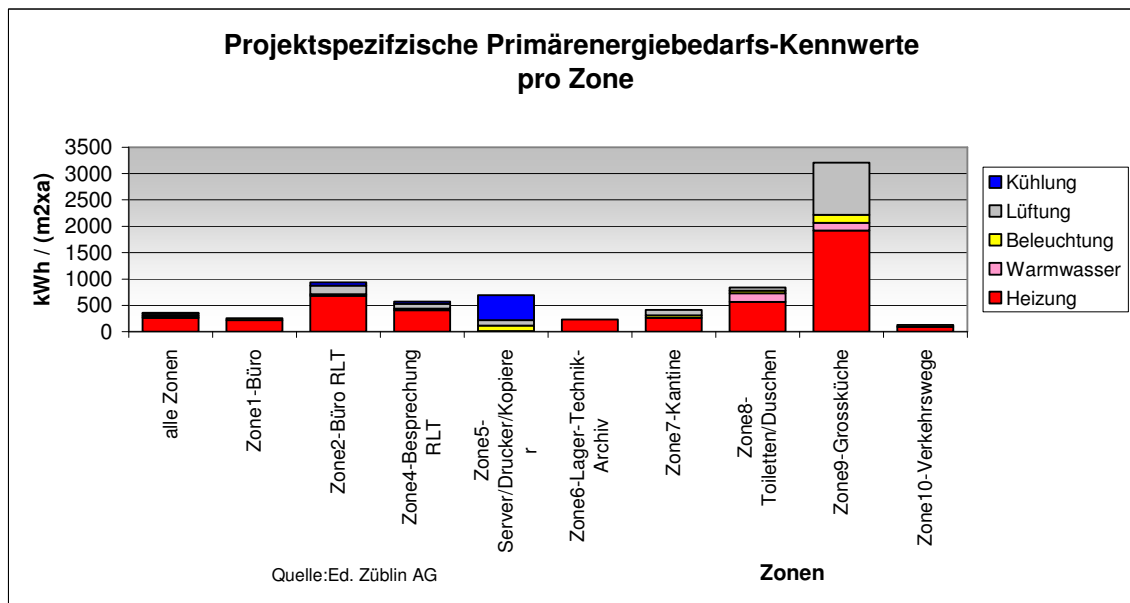
Mit der neuen Berechnungsmethode für Nichtwohngebäude werden die einzelnen, angesetzten Zonen bilanziert und zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst.

In der nachstehenden Abbildung 3.5.2.2-3 werden die Einzelbilanzen des Endenergiebedarfs und des Primärenergiebedarfs pro Zone für die Anteile der Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Heizung detailliert aufgezeigt.

Die Darstellung ermöglicht eine erste Analyse, welche Zone den höchsten End- bzw. Primärenergiebedarf gegenüber der Gesamt-Bilanz hat und welche Ursachen zu diesem Ergebnis geführt haben. Des weiteren soll festgestellt werden, ob ein Richtwert pro Zone ermittelt werden kann.



| Gesamt | alle Zonen |       | Zone1 | Zone2 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|        | soll       | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |        |
|        | 194,2      | 308,4 | 235   | 776   | 470   | 225   | 234   | 321   | 783   | 2507  | 107    |



| Gesamt | alle Zonen |       | Zone1 | Zone2 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|        | soll       | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |        |
|        | 247,3      | 359,4 | 256   | 934   | 569   | 587   | 233   | 413   | 847   | 3209  | 131    |

| TGA - Gewerke | soll    | Ist   | Zone1 | Zone2 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|               | Kühlung | 13,1  | 12,3  |       | X     | X     | X     |       |       |       |        |
| Lüftung       | 26,4    | 34,2  |       | X     |       |       | X     | X     | X     |       |        |
| Beleuchtung   | 46,2    | 37,6  | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     |        |
| Warmwasser    | 9,7     | 10,1  |       |       |       |       |       | X     | X     |       |        |
| Heizung       | 151,9   | 265,2 | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X      |

Abbildung 3.5.2.2.- 3: Darstellung des End- bzw. Primärenergiebedarf pro Zonen

*Auswertung der Ergebnisse:*

Der Soll - Ist Vergleich der „Gesamtsumme End- und Primärenergiebedarf aller Zonen“ zeigt, dass der Soll-Endenergiebedarf um den Wert  $\Delta=114,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ NGF} \times \text{a})$  und der Primärenergiebedarf um  $\Delta=112,1 \text{ kWh}/\text{m}^2\text{a}$  überschritten wird.

Diese Überschreitung der Neubauanforderung lt. EnEV 2007 ist hauptsächlich der veralteten Heizung ( Niedertemperaturkessel ) und ihren ungedämmten Leitungen zu begründen.

Die anderen Bedarfswerte der Beleuchtung, Kühlung, Lüftung und Warmwasser unterschreiten nur geringfügig die Grenzwerte.

In der Beleuchtung wurde auf die Eingabe der Standardwerte nach der DIN V 18599 verzichtet und gemäß der vorhandenen Fachplanung die installierten Leistungen übernommen. Dadurch wird der zulässige Grenzwert um 18,6% ( 37,6 zu 46,2 kWh/m<sup>2</sup>a) bei der Beleuchtung unterschritten.

*Auswertung Einzelzonen:*

Bei den aufgezeigten Balkendiagrammen ragen die Zonen 2 (Büro RLT), 4 ( Besprechung) und 9 (Großküche) in der Heizung auffällig aus den anderen Zonen heraus.

Der Grund für den erhöhten Heizbedarf pro Quadratmeter und Jahr liegt bei der Bürozone 2 im Vergleich zur Zone 1 zum einen an den angrenzenden unbeheizten Zonen, zum anderen an den Kälteeinträge der mechanischen Lüftungsanlage (Nutzungszeit auch an Wochenenden).

Entsprechendes gilt für die Zone 4, hier kommt noch ein, zum Vergleich mit einem Einzelbüro, höherer Außenluftvolumenstrom hinzu.

Bei der Zone 9 (Großküchen) spielen neben den Transmissionswärmesenken durch die Bauteile (viele Bauteile die an das Erdreich grenzen), auch die fehlenden solaren Wärmeeinträge und die Kälteeinträge der mechanischen Lüftungsanlage eine große Rolle.

Die Beleuchtungs-Bedarfskennwerte der einzelnen Zonen variieren je nach eingegebener Leistung ( gem. der Fachplanung) und sind ohne der Überprüfungsöglichkeit der tatsächliche eingebauter Beleuchtung nicht zu beurteilen. Auf die Eingabe der nach DIN V 18599 [2007-02] möglichen Standardwerte wurde verzichtet.

Eine andere Betrachtungsweise zeigt die nachfolgende Abbildung 3.5.2.2-4.

Die Abbildung 3.5.2.2-4 stellt die Aufsummierung des Gesamt-Primärenergiebedarfs des Gebäudes (359,7 kWh/(m<sup>2</sup> NGF x a)) dar. Dabei wurden die Einzelwerte pro Zone nach Ihrer Gewichtung sortiert und zum Gesamtenergiebedarf aufaddiert.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Zone schlussendlich den größten Anteil zum Gesamt-Primärenergiebedarf trägt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind die prozentualen Gewichtsanteilen zur Summe „Primärenergiebedarf“ und zur Summe „Fläche NGF“ gegenübergestellt. Liegt der prozentuale Anteil „Primärenergiebedarf“ bei einer Zone höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass der Primärenergiebedarf bei dieser Zone im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

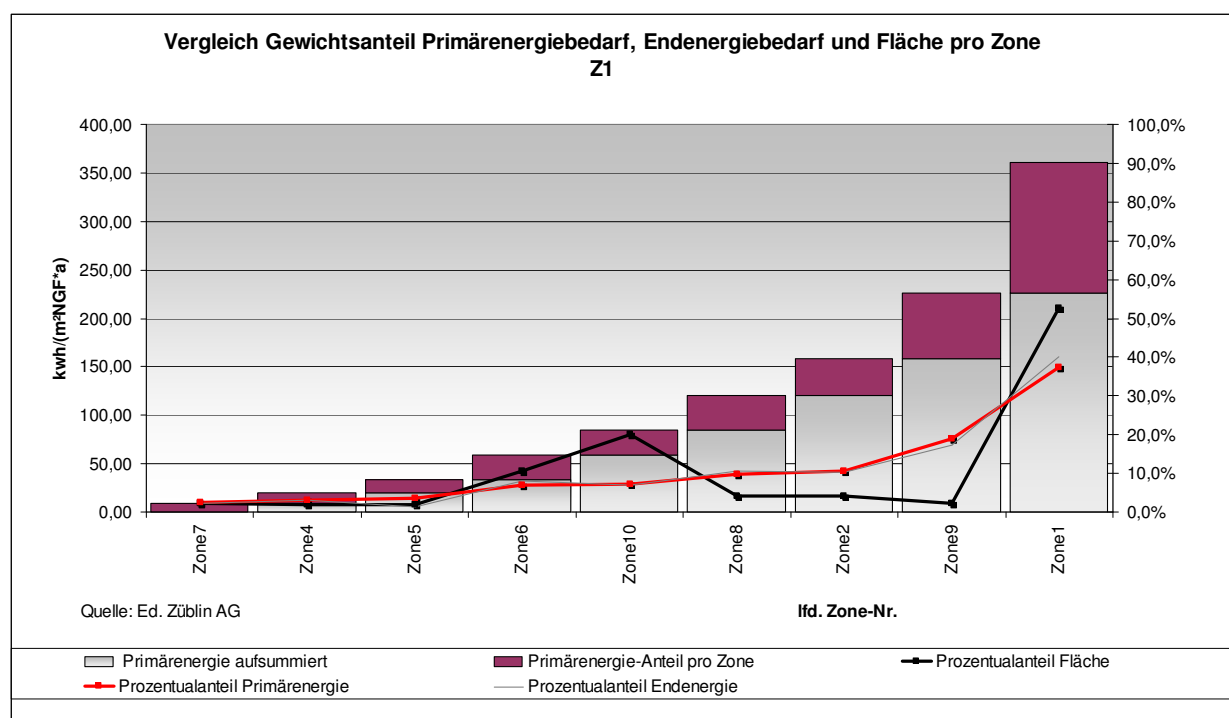


Abbildung 3.5.2.2.- 4: Zonenvergleich des End- bzw. Primärenergiebedarfs

Den Zonen 1 und 2 (Einzelbüro) und 9 ( Großküche) kommt der Hauptanteil des gesamten Primärenergiebedarfs zu, flächenmäßig stellen die Einzelbürozononen den größten Anteil an der Nettogrundfläche ( 57%).

Bei der Darstellung des Prozentanteils Primärenergie und Fläche ist auffallend, dass bei einigen Zonen ( Zone 2, 8 und 9 ) das Verhältnis Primärenergie/Flächenanteil im Vergleich zu den anderen Zonen umgekehrt ist, d.h. der Primärenergiebedarf im Verhältnis zur Fläche höher



ausfällt. Dieses ist aber nutzungsbedingt und wird hauptsächlich durch die Zonenprofile, je nach internen Lasten, Nutzungszeiten, Raumkonditionen, etc. verursacht.

Hier ist evtl. in den Eingaben der gebäudetechnischen Ausrüstung noch das größte Optimierungspotential in der Nachweisführung zu sehen.

#### Auswertung der Ergebnisse: Transmissionswärmeverlust $H'_T$

Bei der Auswertung der Ergebnisse des Transmissionswärmeverlustes  $H'_T$  ist die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Grenzwerte an die Gebäudehülle seit Einführung der Wärmeschutzverordnungen interessant. Denn bereits mit Beginn der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 wurden Anforderungen an die Gebäudehülle in Form einer Begrenzung des mittleren U-Wertes gestellt .

Um die Entwicklung der einzelnen Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnungen aufzuzeigen, wurden für die drei Züblin-Gebäude die Berechnungen nach allen Verordnungen durchgeführt.

Die Abbildung 3.5.2.2-5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Grenzwerte des Transmissionswärmeverlustes der jeweiligen Wärmeschutzverordnungen bzw. Energieeinsparverordnungen.

Die Grenzwerte von  $H'_T$  sind bis zur Energieeinsparverordnung 2007 abhängig von dem Verhältnis  $A/V_e$  , werden aber mit der Novellierung EnEV 2009 [2009-10-01] starr, d.h. unabhängig von diesem Verhältnis.

Mit der Energieeinsparverordnung 2002 kam zudem noch der Faktor des Wärmebrückenzuschlags hinzu. Dieser wurde jedoch in der folgenden Abbildung 3.5.2.2-5 bei den Ist-Werten der Gebäude und Anforderungskurven „EnEV 2002-2007“ abgezogen, um die Werte mit den Anforderungen der 1. und 2. WSchVo sowie EnEV 2009 (ohne Wärmebrückenzuschläge) vergleichen zu können.

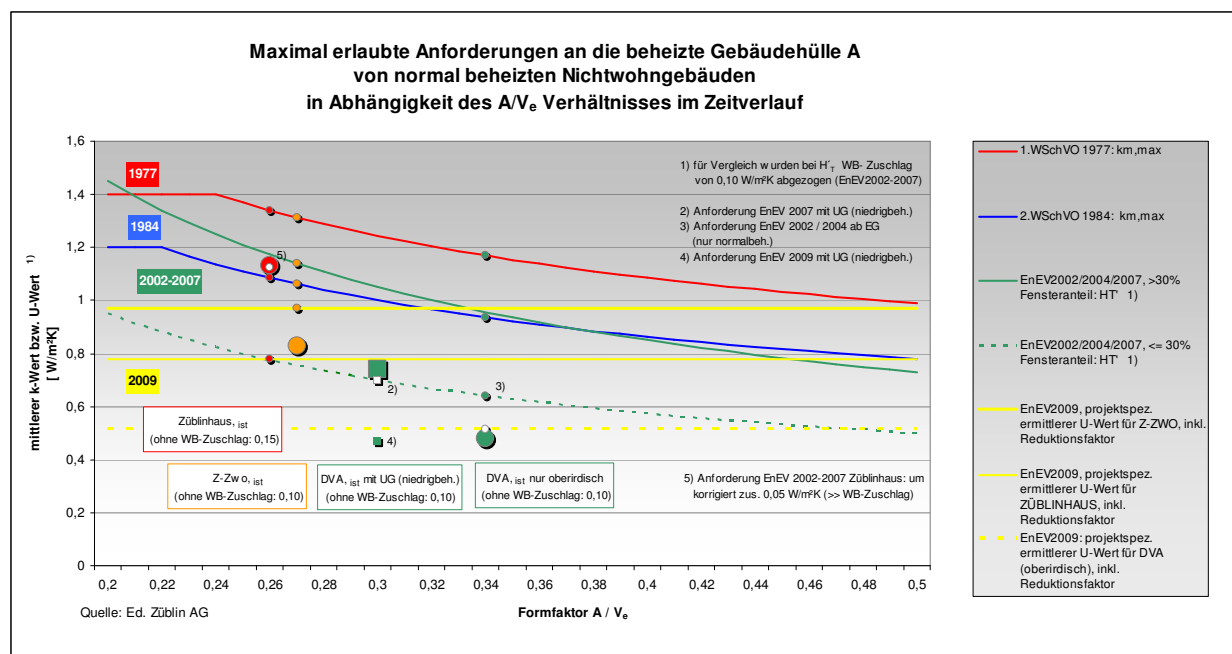


Abbildung 3.5.2.2-5: Entwicklung der zeitlichen Anforderung an die Gebäudehülle

Das Bürogebäude Züblinhaus, mit einem A/V<sub>e</sub> Verhältnis von 0,259 erfüllt in seiner Ausführung die Energieeinsparverordnung 2007 und liegt unterhalb aller Grenzwerte.

Das günstige A/V<sub>e</sub> Verhältnis sowie der Reduktionsfaktor zur Halle hin und die Bauteildämmungen sorgen dafür, dass die Anforderung an den Transmissionswärmeverlust bis heute erfüllt werden.

Die wesentliche Ursache liegt jedoch daran, dass seit Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 die Anforderungen an die Gebäudehülle für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$  entschärft wurden (Fassaden-Lobby). Daher liegt die Anforderungskurve der 2. WSchVO aus dem Jahr 1984 niedriger als die Anforderungskurve für EnEV 2002 / 2004 / 2007 (A/V<sub>e</sub> < 0,35).

In der EnEV 2009 wird der Grenzwert in Abhängigkeit des Formfaktors A/V<sub>e</sub> entfallen. Stattdessen ist in Zukunft eine Nebenanforderung für den mittleren U-Wert der Außenbauteile zu erfüllen.

Dieser wurde hier für die opaken Außenbauteile sowie die Fensterflächen gebäudespezifisch berechnet und gemäß den Flächenanteilen und Reduktionsfaktoren ermittelt. Auch wenn diese Nebenanforderung im Vergleich zu den Anforderungen nach der EnEV 2007 relativ niedrig gehalten ist (für opake Außenbauteile U = 0,35 W/m²K, für transparente Außenbauteile U = 1,90 W/m²K), erfüllt das Züblinhaus hier die kommenden Energieeinsparverordnung in seiner Nebenanforderung für den mittleren U-Wert nicht.

Nachfolgende Abbildung 3.5.2.2.-6 stellt die prozentuale Unter- und Überschreitung zu den jeweiligen Grenzwerten seit Einführung der 1. WSchVO' 77 gegenüber.

Gut ersichtlich ist die Entschärfung der Grenzwerte seit Einführung der EnEV 2002 für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$ . D.h. im Frühjahr 2009 sind bei diesen Gebäuden geringere Anforderungen an die Gebäudehülle zu erfüllen, als bei der 25 Jahre älteren WSchVO aus dem Jahr 1984.

Erst mit Einführung der EnEV 2009 im Oktober 2009 werden die Anforderungen an die Gebäudehülle des Züblinhauses höher sein.

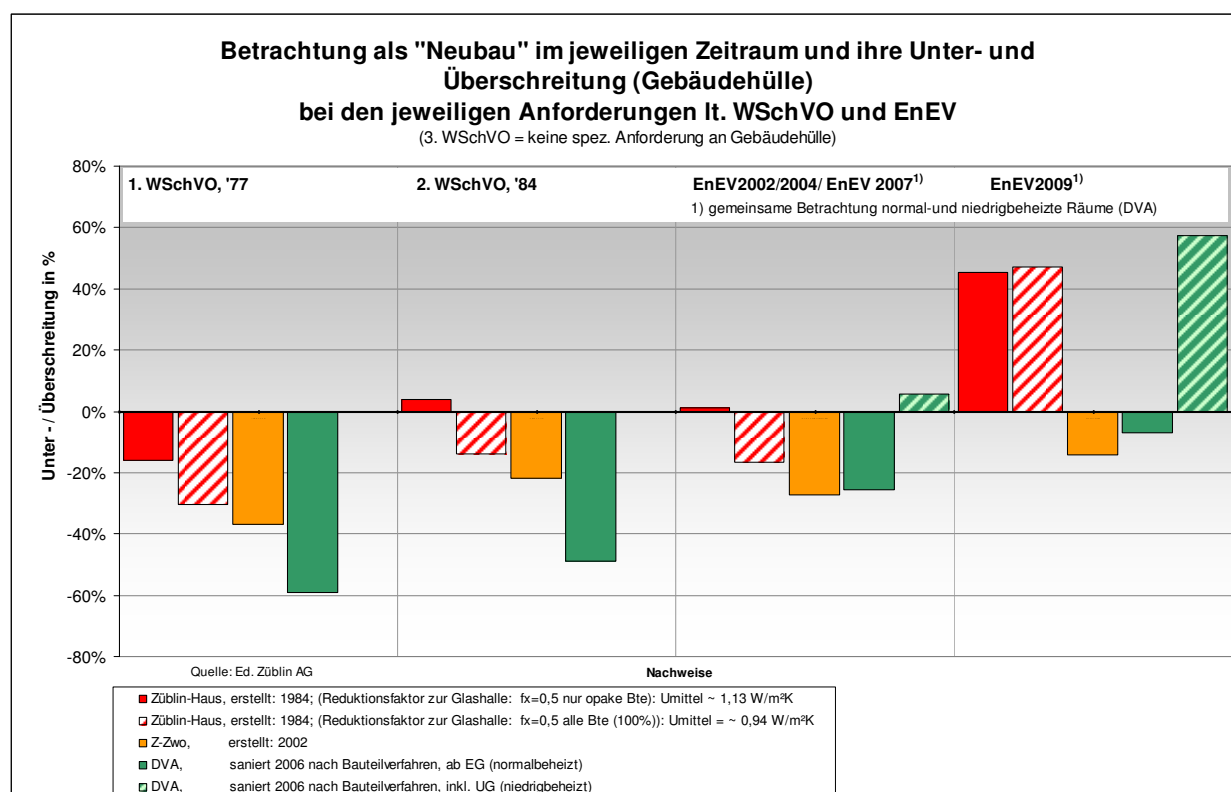


Abbildung 3.5.2.2- 6: Diagramm zur Unter-/Überschreitung der Gebäudehülle der Verordnungen als Neubau betrachtet

Für das Züblinhaus wurden hier in 2 Varianten berechnet. Einmal der Ansatz des Reduktionsfaktors zur Halle hin in Höhe von 0,5 allein nur für die opaken Bauteile, zum Zweiten wurde dieser Ansatz auf alle Bauteile zu Halle hin ausgeweitet (d.h. opake Bauteile und Fensterelemente).

Das Züblinhaus stellt in seiner Ausführung mit der dazwischen liegenden unbeheizten Glashalle eine Sonderform dar. Einen korrekten, genormten Ansatz von Reduktionsfaktoren der Bauteile zu einer unbeheizten Halle hin, existiert in dieser Form nicht. Die „Wahrheit“ für den Ansatz dieser Faktoren liegt wahrscheinlich im Mittelmaß zwischen Bauteilen zu unbeheizt und zur Außenluft hin.

Unabhängig der Betrachtungsweise treffen für beide Berechnungsarten die Aussagen zur 1. WSchVO bis zu EnEV 2007 zu.

Ab der kommenden Energieeinsparverordnung 2009 werden die Anforderungen an die Gebäudehülle unabhängig vom A/V Verhältnis und von Reduktionsfaktoren nicht erfüllt.

Daher gleichen sich die Ergebnisse nach der EnEV 2009 an, beide Berechnungen überschreiten die kommende Energieeinsparverordnung um ca. 45%.

### **3.5.3 Z-zwo**

#### **3.5.3.1 Gebäudespezifische Kriterien**

##### Gebäudespezifischer Energiestandard zum Zeitpunkt der Erstellung

Das Nichtwohngebäude Z-Zwo wurde in den Jahren 2001/2002 erstellt. Es handelt sich um ein Bürogebäude mit 6 aufgehenden Geschossen. Das Gebäude hat eine längliche, in Nord-Süd-Richtung ausgerichtete, abgerundete Form und ist zweigeschossig unterkellert. In den Untergeschossen befinden sich neben Lager- und Technikräume, die Tiefgarage und die beheizten Treppenhäuser.

Zu dem Zeitpunkt der Erstellung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes gemäß der Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (kurz Wärmeschutzverordnung) vom August 1994 in Verbindung mit der DIN 4108- [ Wärmeschutz im Hochbau;1981-08] Pflicht.

Da damals die Energieeinspar-Verordnung 2002 kurz vor der Verabschiedung war, setzte man sich zum Ziel, den kommenden Anforderungen gerecht zu werden. Bei der Nachweisführung sollte das Gebäude so konzipiert werden, dass der berechnete Jahres-Heizenergiebedarf um ca. 20% unter den Anforderungen der 3. WSchVO'95 liegen soll.

Die 3. Wärmeschutzverordnung macht folgende Nachweise zur Pflicht:

- Begrenzung des Jahres-Heizwärmebedarf nach dem Hüllflächenverfahren
- Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes

Die Berechnung des Jahresprimärenergiebedarfes war zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich.

Das Verhältnis zwischen der wärmeübertragenden Umfassungsfläche A und dem beheizten Volumen V des Gebäudes beträgt für Z-Zwo:  $A/V = 0,267 \text{ m}^{-1}$

Mit diesem Wert erhielt man in der Tabelle 1, Anlage 1 der WSchVO 1994 den Grenzwert für den max. Jahres-Heizwärmebedarfs von  $Q'_{H,max} = 18,50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ .

Der tatsächliche errechnete Wert für den Jahres-Heizwärmebedarf lag bei  $Q' = 16,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Der Grenzwert wurde demnach reell um ca. 13,5% unterschritten.

Neben der Nachweisführung des Wärmeschutzes wurde damals auch ein Klimakonzept erarbeitet, um eine Minimierung des Energieverbrauchs sowie eine Optimierung des thermischen Komforts zu erreichen.

In diesem Zuge wurde für die Kühlung eine Nachtlüftungspülung vorgesehen, die das Gebäude nachts erwärmt. Zudem wurde zur Verbesserung des sommerlichen Komforts die thermische Masse des Gebäudes aktiviert und weitgehend auf abgehängte Decken verzichtet.

Für die Wärmeversorgung gibt es im Untergeschoß zwei Heizzentralen ( Brennwertkessel, Erdgas), die Verteilung erfolgt innerhalb des Gebäudes und die Übergabe durch statische Heizflächen.

#### Gebäudespezifische Vorgehensweise






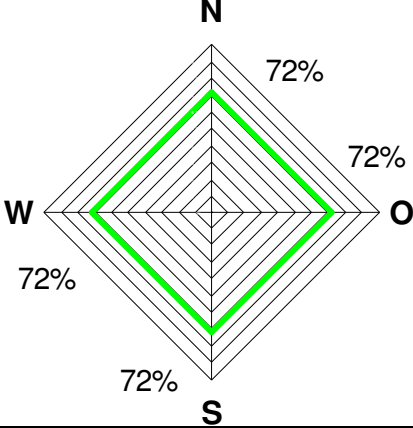
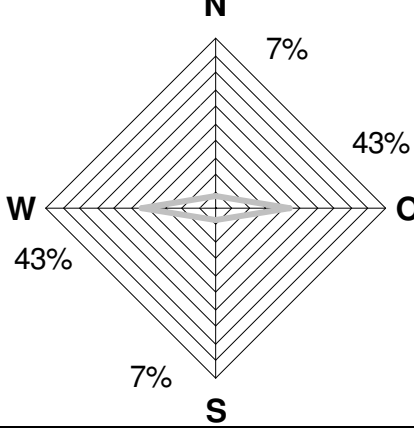


Um die Berechnung des Gebäudes gemäß der EnEV 2007 durchführen und bewerten zu können, mussten zuerst sämtliche Bestandspläne, Wärmeschutzgutachten, Details, etc. durchgesehen und überprüft werden.

Anhand der vorhandenen Bestandspläne ( sowie Belegungspläne) und den Angaben der raumweisen, technischen Gebäudeausrüstung wurde das Z-Zwo dann gemäß der DIN V 18599  $\square 2007-02 \square$  in die einzelnen Zonen unterteilt. ( siehe Anlage 3).

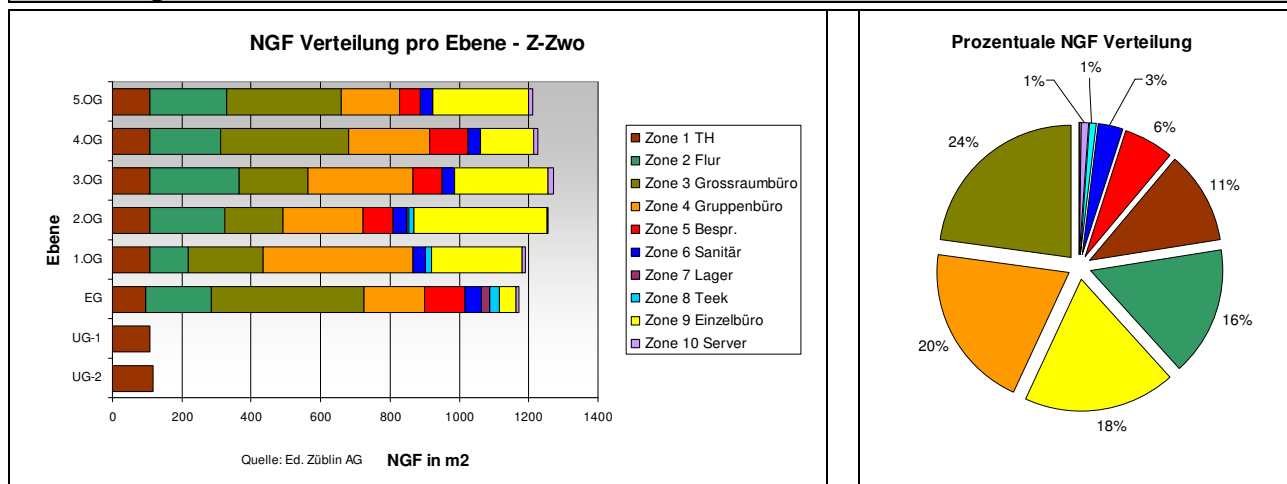
Die einzelnen Bauteile sowie ihre Aufbauten wurden der alten Ausführungsplanung entnommen und in einem Bauteilkatalog ( siehe gesondertes Kapitel „Bauteilkatalog“: 3.2.1 ff) zusammengefasst.

Gebäudespezifische Eingabedaten und Kennwerte für EnEV - Berechnung

Nachfolgend die wichtigsten Eingabedaten und Kennwerte für die EnEV-Berechnung:

| Gebäudehülle / Gebäudekörper <sup>1)</sup>  |   |  |
|---|---|--|
| <b>Beheizter BRI V<sub>e</sub>:</b><br> 28796,60 m <sup>3</sup>  | <b>Beheizte Gebäudehülle A:</b><br> 7700,31 m <sup>2</sup>                                   | <b>Nettogrundfläche (lt. EnEV) :</b><br> 7636,26 m <sup>2</sup> NGF |
| <b>Geschosshöhe:</b> 3,45 m (i. M.)   | <b>Formfaktor A/V<sub>e</sub>:</b> 0,267  | <b>Geschossanzahl ab EG:</b> 6 Geschosse   |
| <b>Orientierung:</b><br><br> | <b>Fensterflächenanteil / Orientierung:</b><br><br><b>Gesamt-Fensterflächenanteil:</b> 72 % | <b>Senkrechter Fassadenanteil / Orientierung:</b><br>              |
| <b>Transmissionswärmeverlust H<sub>T</sub>:</b><br> 0,93 [W/(m <sup>2</sup> K)]                              | <b>Wärmebrückenzuschlag Δ U<sub>WB</sub> :</b><br> 0,10 [W/(m <sup>2</sup> K)]             |  |
| <b>U-Wert opake Außenwand:</b><br>0,308 [W/(m <sup>2</sup> K)]  | <b>U-Wert Fensterelemente</b><br>1,60 [W/(m <sup>2</sup> K)]  | <b>U-Wert Dach / Kellerdecke bzw. Tiefgarage</b><br>0,206 / 0,326 [W/(m <sup>2</sup> K)]   |

**Zonierung <sup>2)</sup>**



**TGA-Anlagen <sup>3)</sup>**

|                    | <b>Ist-Zustand</b>   | <b>Referenzgebäude lt. EnEV 2007</b>                              |
|--------------------|--|---|
| <b>Kühlung</b>     | <b>Kompressionskältemaschine, direktes System</b>                        | <b>Kolben/Scrollverdichter, luftgekühlt</b>                       |
| <b>Lüftung</b>     | <b>Nachspülung, reine Abluftanlage Sanitär</b>                           | <b>ohne, reine Abluftanlage Sanitär</b>                           |
| <b>Beleuchtung</b> | <b>gem. Fachplanung, tageslichtabhängig ein/aus</b>                      | <b>direkte Beleuchtung, manuelle Kontrolle</b>                    |
| <b>Warmwasser</b>  | <b>nicht berücksichtigt</b>  |   |
| <b>Heizung</b>     | <b>Brennwertkessel Erdgas, freie Heizflächen<br/>unbeheizte Umgebung</b> | <b>Niedertemperaturkessel, Erdgas, außerhalb thermische Hülle</b> |

**Sonstiges**

Hauptnutzung ( Istzustand ) : Großraumbüro 1 721 m<sup>2</sup> ( 10 m<sup>2</sup> NGF/Pers), Gruppenbüro 1537 m<sup>2</sup> ( 14 m<sup>2</sup> NGF/Pers), Einzelbüro 1389 m<sup>2</sup> ( 14 m<sup>2</sup> NGF/Pers.)

- 1) Sämtliche U-Werte, siehe Kap. 3.2.1.
- 2) Grundrissdarstellung der Zonierungsflächen, siehe Anlage 3
- 3) Genauere Beschreibung der vorhandenen TGA-Anlagen, siehe Kap.TGA



### 3.5.3.2 Ergebnisse

#### Ergebnisse des Gesamt-Primärenergiebedarfs $Q_p$ und Transmissionswärmeverlust $H'_T$

| Anforderung | Ist-Zustand Z-Zwo<br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau)  | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt   |
|-------------|--|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| $H'_T$      | 0,93 W/m <sup>2</sup> K                | 1,25 W/m <sup>2</sup> K     | 1,75 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt (Neubau)</b> |
| $Q_p$       | 185,01 kWh/m <sup>2</sup> a            | 196,47 kWh/m <sup>2</sup> a | 275,06 kWh/m <sup>2</sup> a         | <b>erfüllt (Neubau)</b> |

Das Gebäude Z-Zwo erfüllt in seiner Ausführung sogar die Anforderungen eines Neubaus nach Energieeinsparverordnung 2007.

Da sich durch die Novellierung der Energieeinsparverordnung 2007 die Anforderungen im Vergleich zur EnEV 2002 (2001-11-16) nicht verschärft haben (es wurde hauptsächlich die Berechnungsmethode geändert), wurde damals bei der Erstellung des Bürogebäudes mit der Vorgabe der 13,5% Unterschreitung des Jahres-Heizenergiebedarfs die aktuelle Energieeinsparverordnung 2007 eingehalten.

#### Auswertung der Ergebnisse: End- und Primärenergiebedarf

Mit der neuen Berechnungsmethode für Nichtwohngebäude werden die einzelnen, angesetzten Zonen bilanziert und zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst.

In der nachstehenden Abbildung 3.5.3.2-3 werden die Einzelbilanzen des Endenergiebedarfs und des Primärenergiebedarfs pro Zone für die Anteile der Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Heizung detailliert aufgezeigt.

Die Darstellung ermöglicht eine erste Analyse, welche Zone den höchsten End- bzw. Primärenergiebedarf gegenüber der Gesamt-Bilanz hat und welche Ursachen zu diesem Ergebnis geführt haben. Des weiteren soll festgestellt werden, ob ein Richtwert pro Zone ermittelt werden kann.

#### *Auswertung der Ergebnisse:*

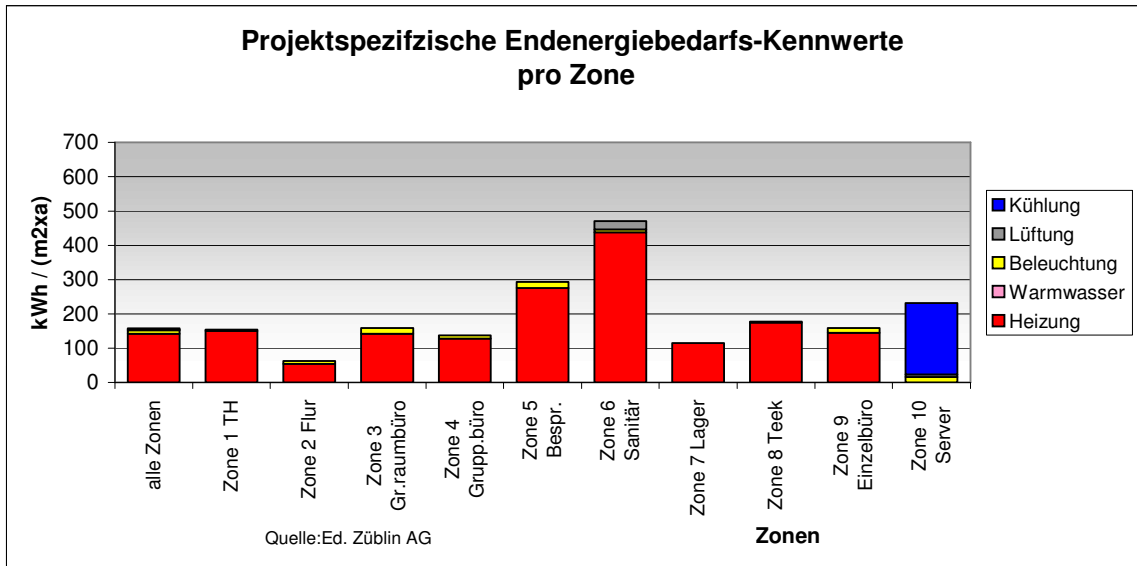
Der Soll - Ist Vergleich der „Gesamtsumme End- und Primärenergiebedarf aller Zonen“ zeigt, dass der Soll-Endenergiebedarf um den Wert 0,6 kWh/(m<sup>2</sup> NGF x a) überschritten, aber dennoch der Ist-Primärenergiebedarf eingehalten wird (94,5%). Die Unterschreitung und somit

Einhaltung der Anforderung lt. EnEV 2007 ist allein an der verbesserten Beleuchtung mit Präsenzschtaltung zu begründen. In der Beleuchtung wurde auf die Eingabe der Standardwerte nach der DIN V 18599 verzichtet und gemäß der vorhandenen Fachplanung die installierten Leistungen übernommen. Dadurch wird der zulässige Grenzwert um 34% ( 30,5 zu 46,3 kWh/m<sup>2</sup>a) allein bei der Beleuchtung unterschritten. Sämtliche anderen Werte der Kühlung, Lüftung und Heizung überschreiten die angegebenen Sollwerte des Referenzgebäudes.

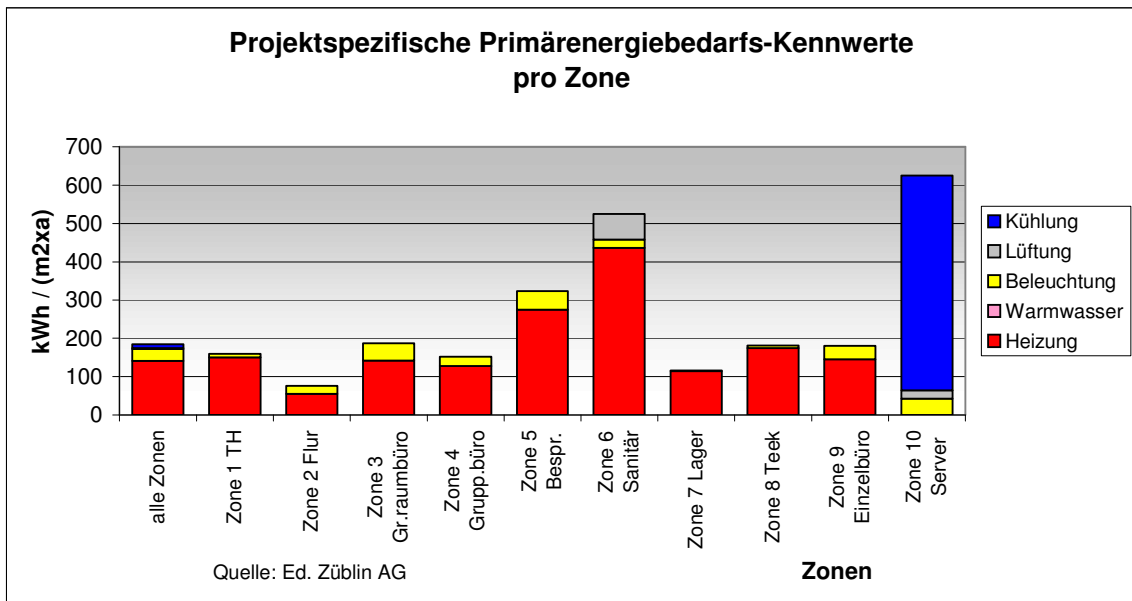
Dieser Puffer ist ausschlaggebend für die Erfüllung des EnEV-Nachweises.

Im Heizungsbereich werden die Grenzwerte des Referenzgebäudes trotz besserem Wärmeerzeuger (Brennwertkessel statt Niedertemperaturkessel (Referenzgebäude)) überschritten, da die Rohrabschnitte teilweise im unbeheizten Bereich liegen und die Ist-Übergabe der Wärme von einer unregelmäßigen Vorlauftemperaturregelung (beim Referenzgebäude : P-Regler (2K)) ausgeht.

Hier wird deutlich, dass mit der Berechnungsmethode der DIN V 18599 [2007-02] das Gebäude gesamt energetisch bilanziert und bewertet wird. Einzelne Abweichungen können durch Optimierungen in anderen Bereichen wieder aufgefangen werden.



|        | alle Zonen |       | Zone1 | Zone2 | Zone3 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|        | soll       | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Gesamt | 157,3      | 157,9 | 154   | 63    | 159   | 137   | 293   | 471   | 115   | 177   | 159   | 231    |



|               | alle Zonen  |       | Zone1 | Zone2 | Zone3 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 |
|---------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|               | soll        | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
| Gesamt        | 196,5       | 185,0 | 160   | 76    | 187   | 153   | 323   | 525   | 116   | 181   | 181   | 625    |
| TGA - Gewerke | Kühlung     | 13,9  | 10,7  |       |       |       |       |       |       |       |       | X      |
|               | Lüftung     | 2,6   | 2,5   |       |       |       |       | X     |       |       |       | X      |
|               | Beleuchtung | 46,3  | 30,5  | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X      |
|               | Warmwasser  | 0,0   | 0,0   |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|               | Heizung     | 133,7 | 141,4 | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X      |
| erfüllt:      | 94,2%       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |

vorhanden:  
x voll  
x teil

Abbildung 3.5.3.2.- 3: Darstellung des End- bzw. Primärenergiebedarf pro Zonen

#### *Auswertung Einzelzonen:*

Bei den aufgezeigten Balkendiagrammen ragen die Zonen 5 (Besprechung) und 6 (Sanitär) – mit Ausnahme der Zone 10 (Server) - auffällig aus den anderen Zonen heraus. Der Grund für den erhöhten Heizbedarf pro Quadratmeter und Jahr liegt zum einen in dem erhöhten Mindestaußenluftvolumenstrom der beiden Zonen in Höhe von  $15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  ( im Vergleich z.B. Gruppenbüro  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ) zum anderen bei der Zone Sanitär durch die fehlenden internen Wärmequellen.

Die Beleuchtungs-Bedarfskennwerte der einzelnen Zonen variieren je nach eingegebener Leistung ( gem. der Fachplanung) und sind ohne der Überprüfungsmöglichkeit der tatsächliche eingebauter Beleuchtung nicht zu beurteilen. Auf die Eingabe der nach DIN V 18599[2007-02] möglichen Standardwerte wurde verzichtet.

Des weiteren liegen die Ergebnisse der Einzel- und Großraumbüros geringfügig unter den Bedarfswerten der Gruppenbüros. Gründe hierfür sind:

#### Beleuchtung:

- für die Gruppenbüros – vorwiegend ost-westorientiert -wurde eine geringere Leistung in der Beleuchtung angesetzt

#### Heizung:

- die Großraumbüros und Einzelbüros sind vorwiegend Eckbüros, während die Gruppenbüros vorwiegend an der Längsseite des Gebäudes ost- und westorientiert angeordnet sind. Aufgrund der kleineren Außenfläche sind die Transmissionswärmesenken bei den Gruppenbüros geringer.
- des weiteren wird ein höhere Lüftungswärmeverlust in den Großraumbüros angesetzt ( $6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ) statt  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  (Einzel- und Gruppenbüros).

Eine andere Betrachtungsweise zeigt die nachfolgende Abbildung 3.5.3.2-4.

Die Abbildung 3.5.3.2-4 stellt die Aufsummierung des Gesamt-Primärenergiebedarfs des Gebäudes ( $185 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ NGF} \times \text{a})$ ) dar. Dabei wurden die Einzelwerte pro Zone nach Ihrer Gewichtung sortiert und zum Gesamtenergiebedarf aufaddiert.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Zone schlussendlich den größten Anteil zum Gesamt-Primärenergiebedarf trägt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind die prozentualen Gewichtsanteilen zur Summe „Primärenergiebedarf“ und zur Summe „Fläche NGF“ gegenübergestellt. Liegt der prozentuale Anteil „Primärenergiebedarf“ bei einer Zone höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass der Primärenergiebedarf bei dieser Zone im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

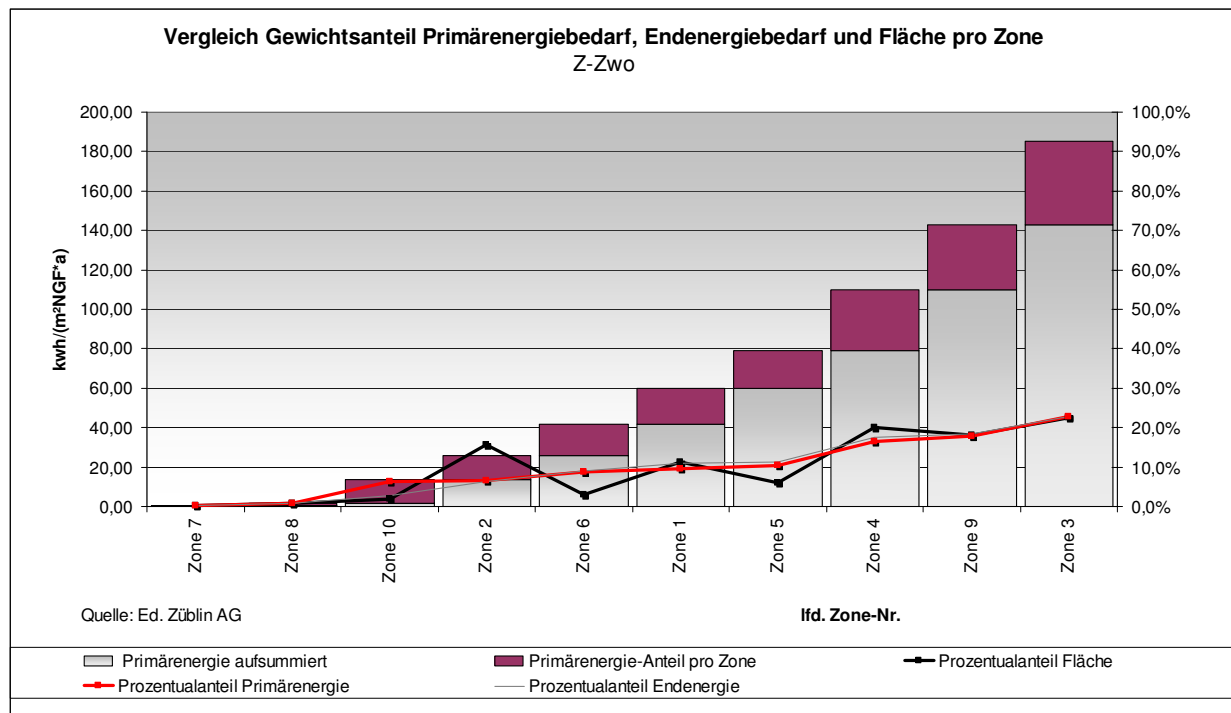


Abbildung 3.5.3.2.- 4: Zonenvergleich des End- bzw. Primärenergiebedarfs

Den Zonen 4 ( Gruppenbüro), 9 ( Einzelbüro) und 3 ( Großraumbüro) kommt der Hauptanteil des gesamten Primärenergiebedarfs zu und auch flächenmäßig stellen die Bürozone den größten Anteil an der Nettogrundfläche ( 61%).

Bei der Darstellung des Prozentanteils Primärenergie und Fläche ist auffallend, dass bei einigen Zonen ( Zone 10, 6 und 5 ) das Verhältnis Primärenergie/Flächenanteil im Vergleich zu den anderen Zonen umgekehrt ist, d.h. der Primärenergiebedarf im Verhältnis zur Fläche höher ausfällt. Dieses ist aber nutzungsbedingt und wird hauptsächlich durch die Zonenprofile, je nach internen Lasten, Nutzungszeiten, Raumkonditionen, etc. verursacht.

Hier ist evtl. in den Eingaben der gebäudetechnischen Ausrüstung noch das größte Optimierungspotential in der Nachweisführung zu sehen.

### Auswertung der Ergebnisse: Transmissionswärmeverlust $H'_T$

Bei der Auswertung der Ergebnisse des Transmissionswärmeverlustes  $H'_T$  ist die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Grenzwerte an die Gebäudehülle seit Einführung der Wärmeschutzverordnungen interessant. Denn bereits mit Beginn der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 wurden Anforderungen an die Gebäudehülle in Form einer Begrenzung des mittleren U-Wertes gestellt.

Um die Entwicklung der einzelnen Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnungen aufzuzeigen, wurden für die drei Züblin-Gebäude die Berechnungen nach allen Verordnungen durchgeführt.

Die Abbildung 3.5.3.2-5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Grenzwerte des Transmissionswärmeverlustes der jeweiligen Wärmeschutzverordnungen bzw. Energieeinsparverordnungen.

Die Grenzwerte von  $H'_T$  sind bis zur Energieeinsparverordnung 2007 abhängig von dem Verhältnis  $A/V_e$ , werden aber mit der Novellierung EnEV 2009 starr, d.h. unabhängig von diesem Verhältnis.

Mit der Energieeinsparverordnung 2002 kam zudem noch der Faktor des Wärmebrückenzuschlags hinzu. Dieser wurde jedoch in der folgenden Abbildung 2B.3.4.4.0-5 bei den Ist-Werten der Gebäude und Anforderungskurven „EnEV 2002-2007“ abgezogen, um die Werte mit den Anforderungen der 1. und 2. WSchVo sowie EnEV 2009 (ohne Wärmebrückenzuschläge) vergleichen zu können.

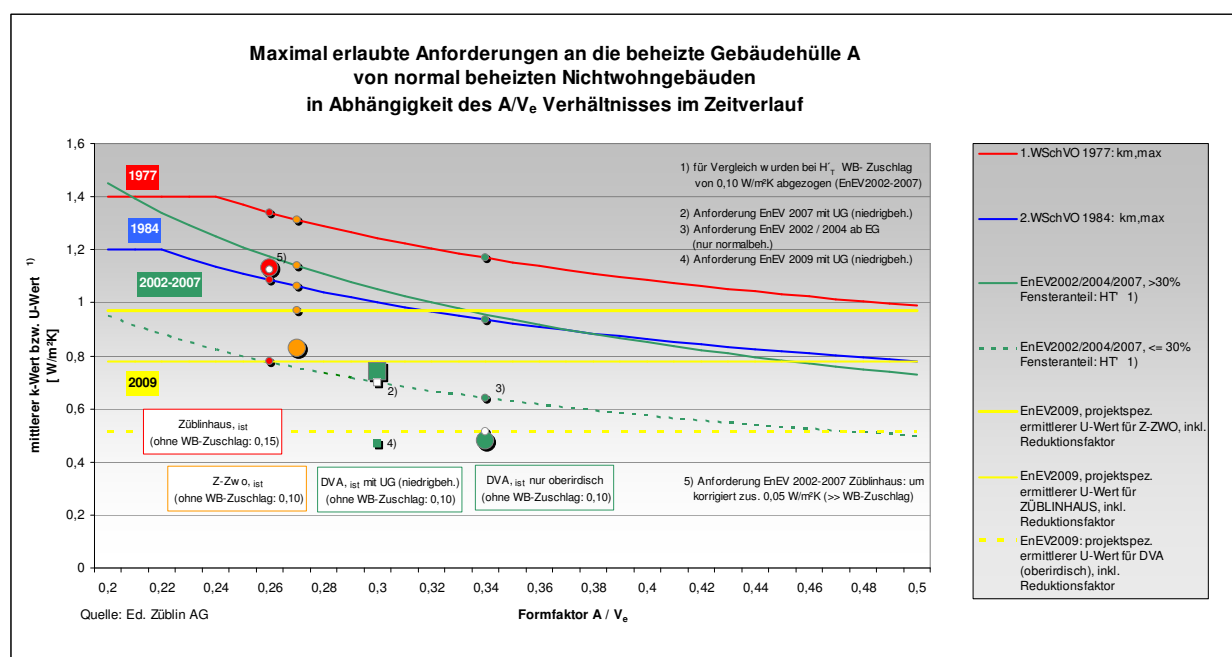


Abbildung 3.5.3.2- 5: Entwicklung der zeitlichen Anforderung an die Gebäudehülle

Das Bürogebäude Z-Zwo, mit einem  $A/V_e$  Verhältnis von 0,267 erfüllt in seiner Ausführung die Energieeinsparverordnung 2007 [2007-07-24] und liegt weit unterhalb aller Grenzwerte.

Das günstige  $A/V_e$  Verhältnis und die gute Bauteildämmungen sorgen dafür, dass die Anforderung an den Transmissionswärmeverlust bis heute erfüllt werden.

Die wesentliche Ursache liegt jedoch daran, dass seit Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 [2001-11] die Anforderungen an die Gebäudehülle für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$  entschärft wurden (Fassaden-Lobby). Daher liegt die Anforderungskurve der 2. WSchVO aus dem Jahr 1984 niedriger als die Anforderungskurve für EnEV 2002 / 2004 / 2007 ( $A/V_e < 0,35$ ).

In der EnEV 2009 wird der Grenzwert in Abhängigkeit des Formfaktors  $A/V_e$  entfallen. Stattdessen ist in Zukunft eine Nebenanforderung für den mittleren U-Wert der Außenbauteile zu erfüllen.

Dieser wurde hier für die opaken Außenbauteile sowie die Fensterflächen gebäudespezifisch berechnet und gemäß den Flächenanteilen und Reduktionsfaktoren ermittelt. Da diese Nebenanforderung im Vergleich zu den Anforderungen nach der EnEV 2007 relativ niedrig gehalten ist (für opake Außenbauteile  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , für transparente Außenbauteile  $U = 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), erfüllt das Z-Zwo auch die kommende Energieeinsparverordnung in seiner Nebenanforderung für den mittleren U-Wert.

Diese geringen Mindestanforderungen an die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten für Bauteile von Nichtwohngebäuden sind für die heutige Zeit unverständlich.

Nachfolgende Abbildung 3.5.3.2.-6 stellt die prozentuale Unter- und Überschreitung zu den jeweiligen Grenzwerten seit Einführung der 1. WSchVO' 77 gegenüber.

Gut ersichtlich ist die Entschärfung der Grenzwerte seit Einführung der EnEV 2002 für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$ . D.h. im Frühjahr 2009 sind bei diesen Gebäuden geringere Anforderungen an die Gebäudehülle zu erfüllen, als bei der 25 Jahre älteren WSchVO aus dem Jahr 1984.

Erst mit Einführung der EnEV 2009 im Oktober 2009 werden die Anforderungen an die Gebäudehülle des Z-Zwo's höher sein als bei der 2. WSchVO' 84.



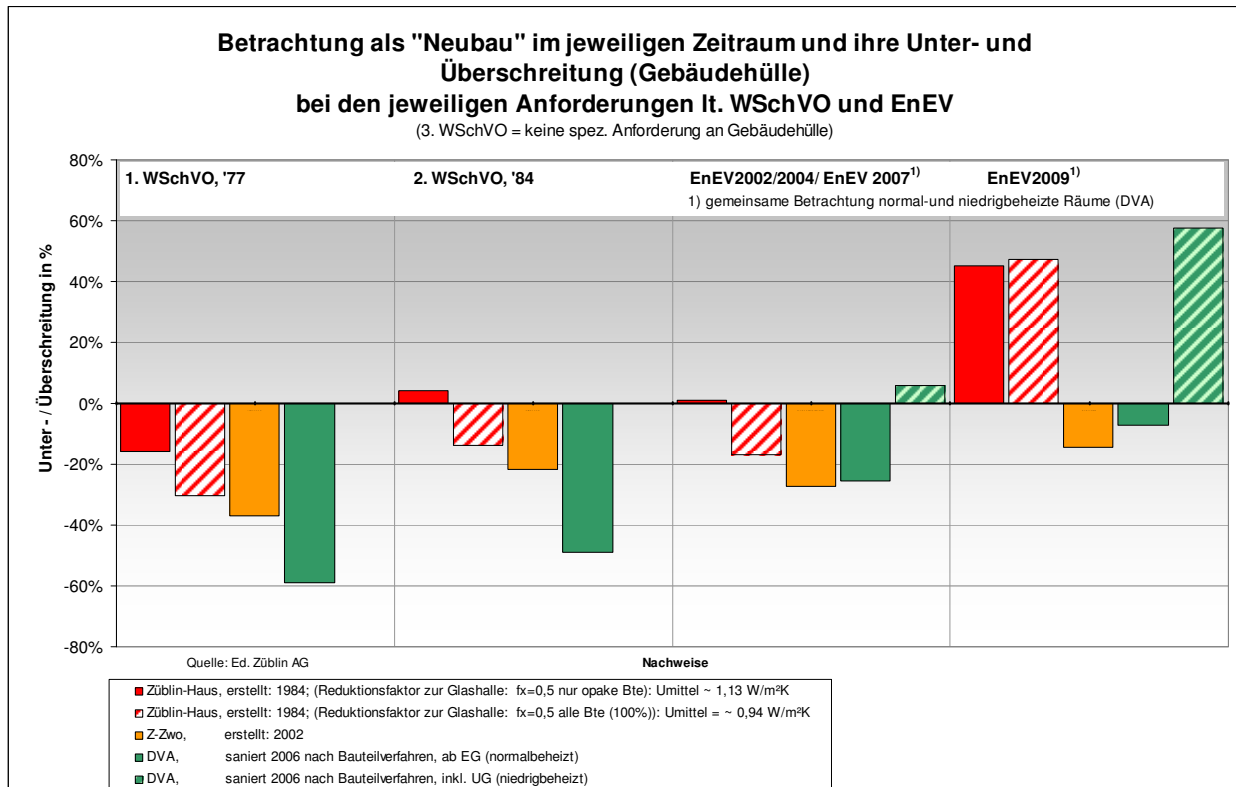


Abbildung 3.5.3.2- 6: Diagramm zur Unter-/Überschreitung der Gebäudehülle der Verordnungen als Neubau betrachtet

### **3.5.4 DVA**

#### **3.5.4.1 Gebäudespezifische Kriterien**

##### Gebäudespezifischer Energiestandard zum Zeitpunkt der Erstellung

Das Nichtwohngebäude des Registergerichts der Stadt Stuttgart (ehem. DVA-Verwaltungsgebäude) wurde bereits im Jahr 1957 erbaut und erfuhr 2005-2006 eine umfassende Revitalisierung. Das Gebäude hat baujahrtypisch eine Lochfassade und keine Tiefgarage. Das Tragwerk besteht aus einem Stützenraster, das auf Einzel- und Streifenfundamenten gegründet ist. Alle Innendecken sind Beton-Rippendecken. In den Untergeschossen befindet sich das Aktenlager, das sich teilweise über zwei Stockwerke erstreckt und konditioniert wird. Die Bürotrakte erhielten in Teilen ebenfalls eine Konditionierung, die über ein neu konstruiertes Technikgeschoss auf dem Dach betrieben wird. Im Zuge der Sanierung wurde entkernt und auf den alten Rohbau neu aufgebaut. Die Aufteilung der Innenräume geschieht über Gipskartonständerwände System Knauf. Bei den Sanierungsmaßnahmen wurden die Untergeschosse nicht berücksichtigt. Die Bodenplatte und die Wände gegen Erdreich blieben ungedämmt.

Es handelt sich um ein Bürogebäude mit 5 aufgehenden Geschossen. Das Gebäude hat eine längliche, in Südwest-Nordost-Richtung ausgerichtete Kastenform und ist zweigeschossig unterkellert.

Zu dem Zeitpunkt der Erstellung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes nur beschränkt auf die Vorgaben der damaligen Form der DIN 4108-1 Wärmeschutz im Hochbau;1981-08 Pflicht.

Im Zuge der Revitalisierung wurde nach Vorgabe der EnEV2004 die neu gestaltete Außenhaut des Gebäudes mit dem Bauteilverfahren nachgewiesen.

Das Bauteilverfahren macht folgende Nachweise zur Pflicht:

- Einhaltung der Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten nach Anhang 3, Tabelle 1 EnEV2004

Für die Wärmeversorgung gibt es im Untergeschoß eine Heizzentrale (Fernwärme), die Verteilung erfolgt innerhalb des Gebäudes und die Übergabe durch statische Heizflächen.

##### Gebäudespezifische Vorgehensweise




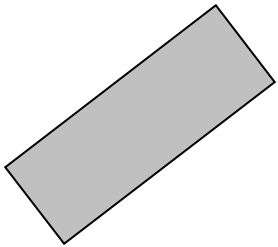
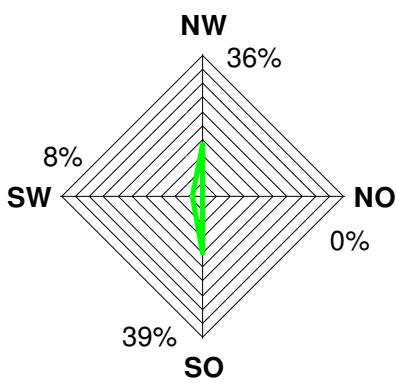
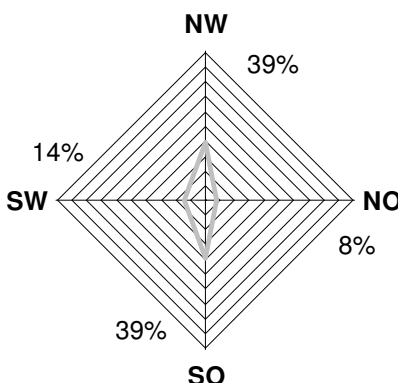


Um die Berechnung des Gebäudes gemäß der EnEV 2007 durchführen und bewerten zu können, mussten zuerst sämtliche Bestandspläne, Wärmeschutzgutachten, Details, etc. durchgesehen und überprüft werden.

Anhand der vorhandenen Bestandspläne (sowie Ausbaupläne) und den Angaben der raumweisen, technischen Gebäudeausrüstung wurde das ehm. DVA-Gebäude dann gemäß der DIN V 18599 [2007-02] in die einzelnen Zonen unterteilt. (siehe Anlage 3).

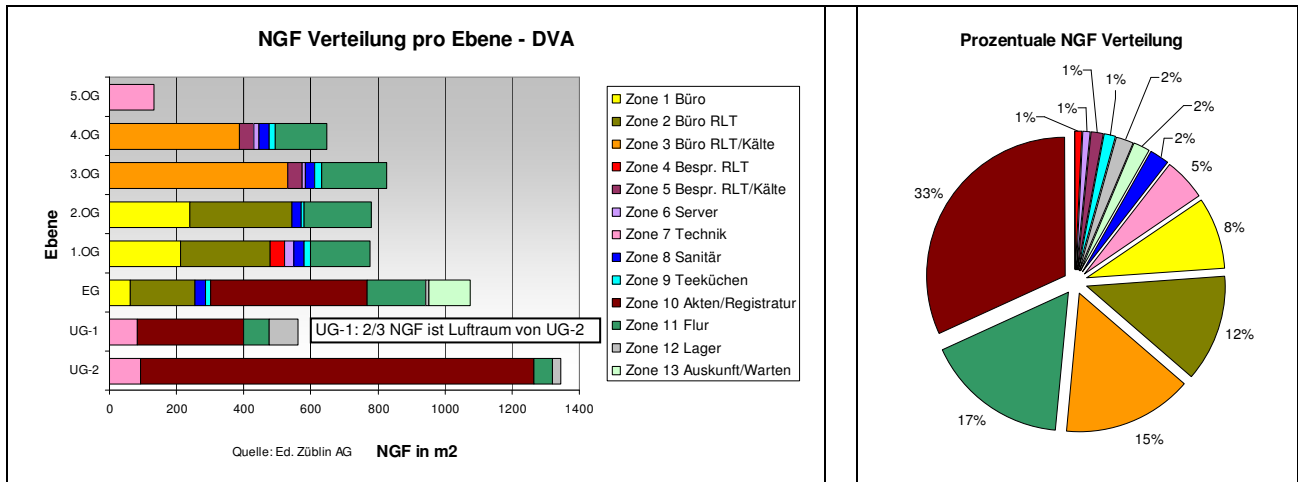
Die einzelnen Bauteile sowie ihre Aufbauten wurden der alten Ausführungsplanung entnommen und in einem Bauteilkatalog ( siehe gesondertes Kapitel „Bauteilkatalog“: 3.2.1 ff) zusammengefasst.

Gebäudespezifische Eingabedaten und Kennwerte für EnEV - Berechnung

Nachfolgend die wichtigsten Eingabedaten und Kennwerte für die EnEV-Berechnung:

| <b>Gebäudehülle / Gebäudekörper <sup>1)</sup></b>   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Beheizter BRI V<sub>e</sub>:</b>   | <b>Beheizte Gebäudehülle A:</b>   | <b>Nettogrundfläche (lt. EnEV) :</b>  |
|  22 952,2 m <sup>3</sup>                                 |  15,0 m <sup>2</sup>           |  6 142,1 m <sup>2</sup> NGF<br>Bereich über 19°C:<br>5 718,38 m <sup>2</sup> NGF |
| <b>Geschosshöhe:</b> 3,00 m (i. M.)   | <b>Formfaktor A/V<sub>e</sub>:</b> 0,30   | <b>Geschossanzahl ab EG:</b> 5 Geschosse  |
| <b>Orientierung:</b>  | <b>Fensterflächenanteil / Orientierung:</b>   | <b>Senkrechter Fassadenanteil / Orientierung:</b>   |
| N<br>  |                              |    |
|   | <b>Gesamt-Fensterflächenanteil:</b> 29 %  |   |
| <b>Transmissionswärmeverlust</b>  | <b>Wärmebrückenzuschlag Δ U<sub>WB</sub> :</b>  |   |
| <b>H'<sub>T</sub>:</b><br> 0,84 [W/(m <sup>2</sup> K)] |  0,10 [W/(m <sup>2</sup> K)] |   |
| <b>U-Wert opake Außenwand:</b>  | <b>U-Wert Fensterelemente</b>   | <b>U-Wert Dach / Kellerdecke</b>  |
| 0,30 [W/(m <sup>2</sup> K)]   | 1,50 [W/(m <sup>2</sup> K)]   | 0,231 / 0,378 [W/(m <sup>2</sup> K)]  |

## Zonierung <sup>2)</sup>



## TGA-Anlagen <sup>3)</sup>

|                    | Ist-Zustand  | Referenzgebäude lt. EnEV 2007   |
|--------------------|--|---|
| <b>Kühlung</b>     | Kompressionskältemaschine, indirektes System                       | Kolben/Scrollverdichter, luftgekühlt.<br><br>Lt. EnEV 2007 wird der Primärenergiebedarf für das Kühlsystem bei den Nutzungen der Einzelbürozone auf Null gesetzt. |
| <b>Lüftung</b>     | RLT, Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft, reine Abluftanlage Sanitär | Zu- und Abluftanlage mit geregelter Konditionierung, reine Abluftanlage Sanitär   |
| <b>Beleuchtung</b> | gem. Fachplanung   | direkte Beleuchtung, manuelle Kontrolle   |
| <b>Warmwasser</b>  | nicht berücksichtigt   |   |
| <b>Heizung</b>     | Fernwärme, freie Heizflächen unbeheizte Umgebung                   | Niedertemperaturkessel, Erdgas, außerhalb thermische Hülle  |

## Sonstiges

Hauptnutzung (Istzustand) : Büro 2194 m<sup>2</sup> ( 14 m<sup>2</sup> NGF/Pers), Akten/Archiv 1956 m<sup>2</sup>, Flur 1030 m<sup>2</sup>

- 1) Sämtliche U-Werte, siehe Kap. 3.2.1
- 2) Grundrissdarstellung der Zonierungsflächen, siehe Anlage 3
- 3) Beschreibung der vorhandenen TGA-Anlagen, siehe Kap. 2C TGA

### 3.5.4.2 Ergebnisse

#### Ergebnisse des Gesamt-Primärenergiebedarfs $Q_p$ und Transmissionswärmeverlust $H_T$

| Anforderung             | Ist-Zustand DVA<br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau) | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt                |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b><math>H_T</math></b> | 0,84 W/m <sup>2</sup> K              | 0,80 W/m <sup>2</sup> K    | 1,12 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt<br/>(Bestandsgebäude)</b> |
| <b><math>Q_p</math></b> | 175,9 kWh/m <sup>2</sup> a           | 178,4 kWh/m <sup>2</sup> a | 249,8 kWh/m <sup>2</sup> a          | <b>erfüllt (Neubau)</b>              |

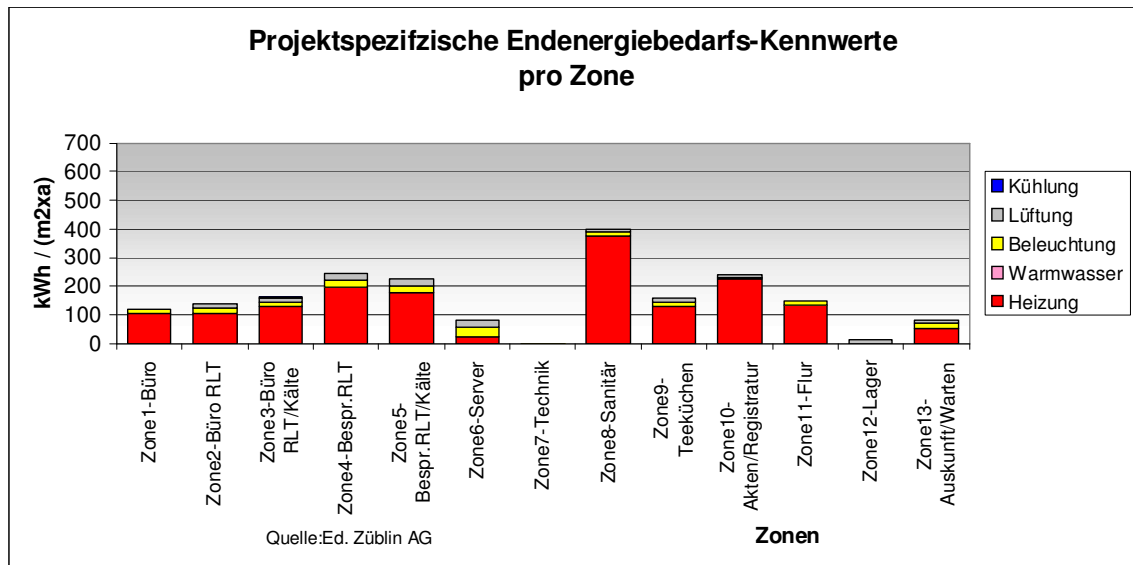
Das Gebäude DVA erfüllt in seiner Ausführung die Anforderungen des Primärenergiebedarfs eines Neubaus nach Energieeinsparverordnung 2007, bei der Gebäudehülle überschreitet er die Neubauanforderung um 5%, die Anforderungen eines Bestandsgebäudes nach der EnEV 2007 werden aber erfüllt.

#### Auswertung der Ergebnisse: End- und Primärenergiebedarf

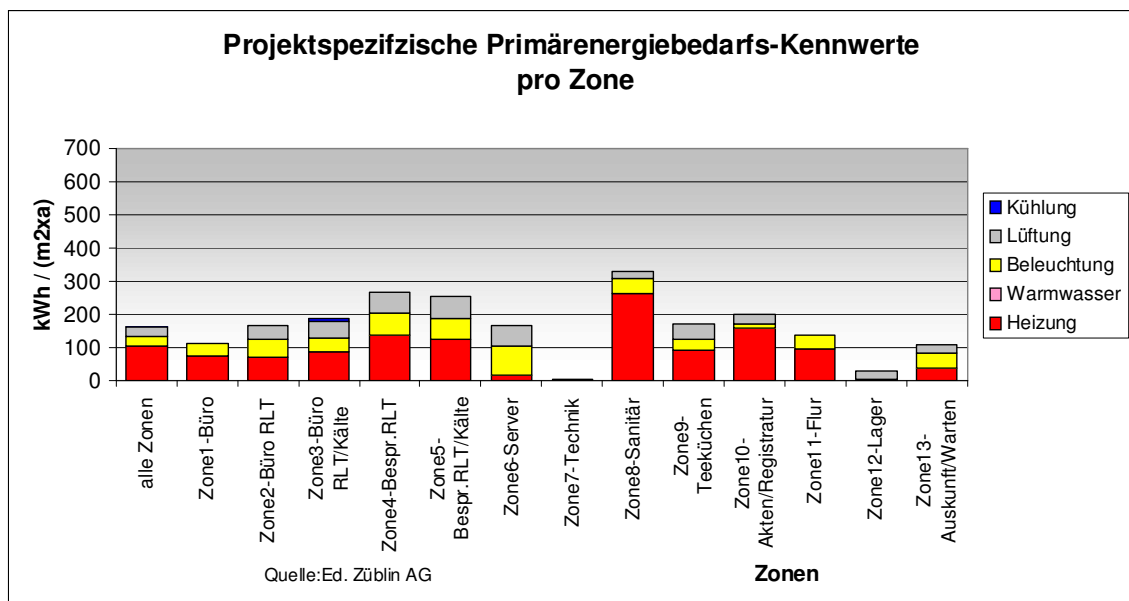
Mit der neuen Berechnungsmethode für Nichtwohngebäude werden die einzelnen, angesetzten Zonen bilanziert und zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst.

In der nachstehenden Abbildung 3.5.4.2-3 werden die Einzelbilanzen des Endenergiebedarfs und des Primärenergiebedarfs pro Zone für die Anteile der Kühlung, Lüftung, Beleuchtung und Heizung detailliert aufgezeigt.

Die Darstellung ermöglicht eine erste Analyse, welche Zone den höchsten End- bzw. Primärenergiebedarf gegenüber der Gesamt-Bilanz hat und welche Ursachen zu diesem Ergebnis geführt haben. Des weiteren soll festgestellt werden, ob ein Richtwert pro Zone ermittelt werden kann.



| Gesamt | alle Zonen |       | Zone1 | Zone2 | Zone3 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 | Zone11 | Zone12 | Zone13 |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|        | soll       | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|        | 137,9      | 184,9 | 118   | 137   | 162   | 243   | 226   | 79    | 1     | 399   | 160   | 241    | 150    | 11     | 79     |



| Gesamt | alle Zonen |       | Zone1 | Zone2 | Zone3 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 | Zone11 | Zone12 | Zone13 |
|--------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|        | soll       | Ist   | Ist   |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |
|        | 178,3      | 175,9 | 111   | 164   | 185   | 267   | 253   | 166   | 3     | 327   | 169   | 200    | 136    | 31     | 106    |

| TGA - Gewerke | alle Zonen  | soll  | Ist  | Zone1 | Zone2 | Zone3 | Zone4 | Zone5 | Zone6 | Zone7 | Zone8 | Zone9 | Zone10 | Zone11 | Zone12 | Zone13 |   |
|---------------|-------------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---|
|               | Kühlung     | 2,2   | 1,1  |       |       | X     |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |   |
|               | Lüftung     | 25,9  | 27,9 |       | X     | X     | X     | X     | X     |       | X     | X     | X      |        |        | X      | X |
|               | Beleuchtung | 36,6  | 33,5 | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X     | X      | X      | X      | X      | X |
|               | Warmwasser  | 0,0   | 0,0  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |   |
| Heizung       | 113,6       | 113,4 | X    | X     | X     | X     | X     | X     |       |       | X     | X     | X      | X      |        | X      |   |
| erfüllt:      | 98,7%       |       |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |   |

Abbildung 3.5.4.2.- 3: Darstellung des End- bzw. Primärenergiebedarf pro Zonen

### Auswertung der Ergebnisse:

Der Soll - Ist Vergleich der „Gesamtsumme End- und Primärenergiebedarf aller Zonen“ zeigt, dass der Soll-Endenergiebedarf um den Wert 47,0 kWh/(m<sup>2</sup> NGF x a) überschritten, aber dennoch der Ist-Primärenergiebedarf (98,7%) eingehalten wird. Die Unterschreitung und somit Einhaltung der Anforderung lt. EnEV 2007 ist allein durch die Beheizung mit Fernwärme zu begründen. Durch den Einsatz von Fernwärme mit einem fossilen Brennstoff liegt gem. DIN V 18599 Teil1 der Primärenergiefaktor, mit dem die Endenergie in Primärenergie umgerechnet wird, bei 0,7.

Bei dem Referenzgebäude wird bei der Beheizung ein Niedertemperaturkessel mit Erdgas angesetzt ( Primärenergiefaktor 1,1). Durch diesen Ansatz der Fernwärme wird im Bereich der Heizung ein stattliches „Polster“ zu Einhaltung der EnEV 2007 geschaffen.

Die Primärenergiebedarfswerte der Kühlung und Beleuchtung liegen ebenso geringfügig unter den angegebenen Grenzwerten des Referenzgebäudes.

Hier wird deutlich, dass mit der Berechnungsmethode der DIN V 18599 [2007-02] das Gebäude gesamt energetisch bilanziert und bewertet wird. Einzelne Abweichungen können durch Optimierungen in anderen Bereichen wieder aufgefangen werden.

### Auswertung Einzelzonen:

Bei den aufgezeigten Balkendiagrammen heben sich die Zonen 4 (Bespr. RLT), 5 (Besprechung RLT, Kälte) und 8 (Sanitär) etwas aus den anderen Zonen hervor. Der Grund für den erhöhten Heizbedarf pro Quadratmeter und Jahr liegt zum einen in dem erhöhten Mindestaußenluftvolumenstrom den Zonen in Höhe von 15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h ( im Vergleich z.B. Einzelbüro 4m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h) zum anderen bei der Zone Sanitär durch die fehlenden internen Wärmequellen.

Die Beleuchtungs-Bedarfskennwerte der einzelnen Zonen variieren je nach eingegebener Leistung ( gem. der Fachplanung) und sind ohne der Überprüfungsmöglichkeit der tatsächliche eingebauter Beleuchtung nicht zu beurteilen. Auf die Eingabe der nach DIN V 18599 [2007-02] möglichen Standardwerte wurde verzichtet.

Des weiteren sind bei den Bedarfswerten der Zone 6 ( Server) die Beleuchtungswerte auffallend hoch. Da die Nutzungszeit dieses Nutzungsprofils ( Rechenzentrum) rund um die Uhr über 24h angegeben ist, ist hier ein verstärkter Beleuchtungsbedarf nachts gegeben.

Beim Direktvergleich der Zonen 1 ( Büro) und Zone 10 (Akten/Registrierung) fällt auf, dass die Kennwerte für die Heizung bei der Zone 10 höher sind als bei Zone 1. Die fehlende Dämmung



der Bodenplatte und Außenwände sowie fehlende innere Wärmequellen und höheren Lüftungsanteil der Zone 10 sind ausschlaggebend für diese höheren Werte.

Eine andere Betrachtungsweise zeigt die nachfolgende Abbildung 3.5.4.2-4.

Die Abbildung 3.5.4.2-4 stellt die Aufsummierung des Gesamt-Primärenergiebedarfs des Gebäudes (175,9 kWh/(m<sup>2</sup> NGF x a)) dar. Dabei wurden die Einzelwerte pro Zone nach Ihrer Gewichtung sortiert und zum Gesamtenergiebedarf aufaddiert.

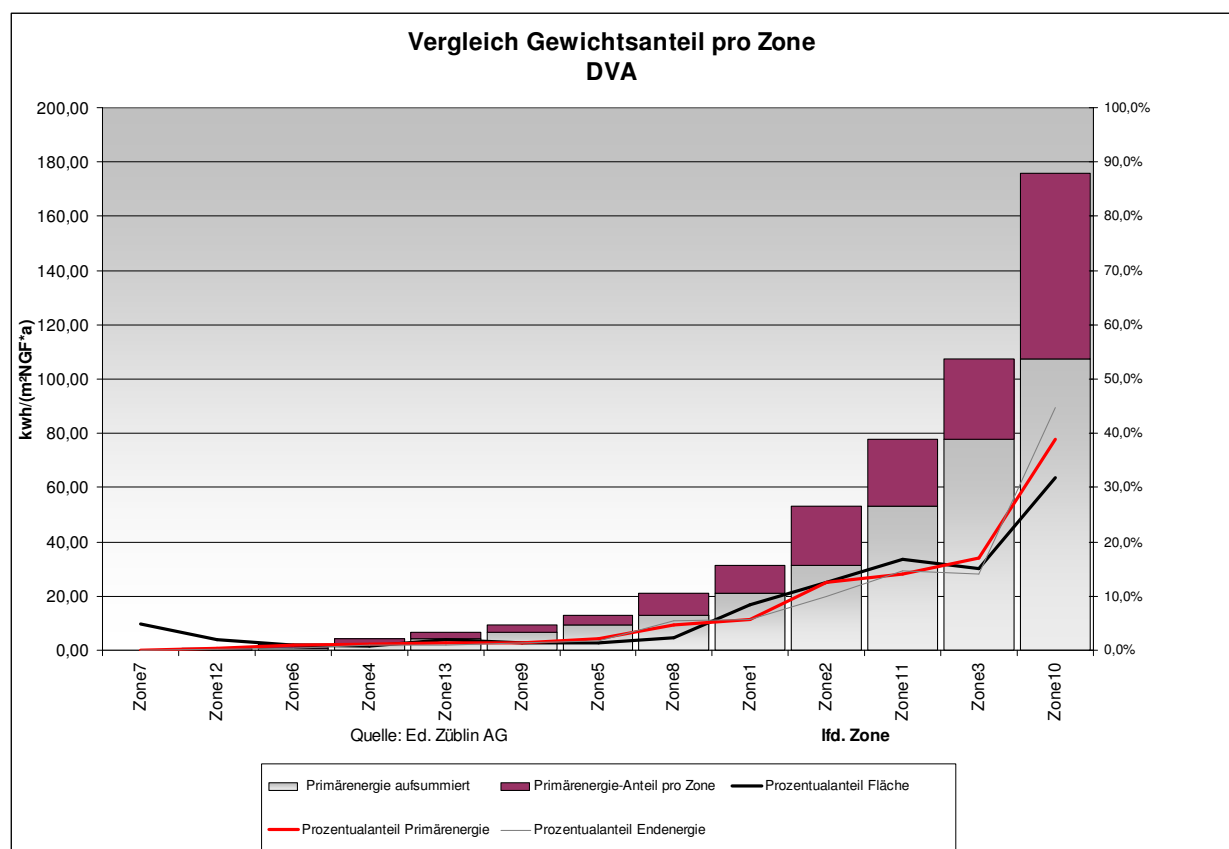


Abbildung 3.5.4.2.- 4: Zonenvergleich des End- bzw. Primärenergiebedarfs

Als Nettogrundfläche für den Gesamtbezug wurden nur die Flächen der normal beheizten (über 19°C) Zonen (  $A_{NGF}=5\,718,38\text{m}^2$ ) herangezogen, die Nettogrundflächen der Zonen 7 und 12 wurden für die Gesamtbilanz nicht berücksichtigt.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Zone schlussendlich den größten Anteil zum Gesamt-Primärenergiebedarf trägt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind die prozentualen Gewichtunganteile zur Summe „Primärenergiebedarf“ und zur Summe „Fläche NGF“ gegenübergestellt. Liegt der prozentuale Anteil „Primärenergiebedarf“ bei einer Zone höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass der Primärenergiebedarf bei dieser Zone im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

Den Zonen 10 Akten (33%), 11 Flur (17%) und 3 Büro (15%) kommt der Hauptanteil des gesamten Primärenergiebedarfs zu, aber flächenmäßig stellen die Einzelbürozononen zusammen mit 35% den größten Anteil an der Nettogrundfläche (gem. EnEV 2007).

Bei der Darstellung des Prozentanteils Primärenergie und Fläche ist auffallend, dass bei einigen Zonen (z. Bsp. 8, 3 und 10) das Verhältnis Primärenergie/Flächenanteil im Vergleich zu den anderen Zonen umgekehrt ist, d.h. der Primärenergiebedarf im Verhältnis zur Fläche höher ausfällt. Dieses ist aber nutzungsbedingt und wird hauptsächlich durch die Zonenprofile, je nach internen Lasten, Nutzungszeiten, Raumkonditionen, etc. verursacht.

Hier ist evtl. in den Eingaben der gebäudetechnischen Ausrüstung noch das größte Optimierungspotential in der Nachweisführung zu sehen.

#### Auswertung der Ergebnisse: Transmissionswärmeverlust $H'_T$

Bei der Auswertung der Ergebnisse des Transmissionswärmeverlustes  $H'_T$  ist die Gegenüberstellung der unterschiedlichen Grenzwerte an die Gebäudehülle seit Einführung der Wärmeschutzverordnungen interessant. Denn bereits mit Beginn der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahre 1977 wurden Anforderungen an die Gebäudehülle in Form einer Begrenzung des mittleren U-Wertes gestellt.

Um die Entwicklung der einzelnen Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnungen aufzuzeigen, wurden für die drei Züblin-Gebäude die Berechnungen nach allen Verordnungen durchgeführt.

Die Abbildung 3.5.4.2-5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Grenzwerte des Transmissionswärmeverlustes der jeweiligen Wärmeschutzverordnungen bzw. Energieeinsparverordnungen.

Die Grenzwerte von  $H'_T$  sind bis zur Energieeinsparverordnung 2007 abhängig von dem Verhältnis  $A/V_e$ , werden aber mit der Novellierung EnEV 2009 starr, d.h. unabhängig von diesem Verhältnis.

Mit der Energieeinsparverordnung 2002 kam zudem noch der Faktor des Wärmebrückenzuschlags hinzu. Dieser wurde jedoch in der folgenden Abbildung 2C.3.4.4.0-5

bei den Ist-Werten der Gebäude und Anforderungskurven „EnEV 2002-2007“ abgezogen, um die Werte mit den Anforderungen der 1. und 2. WSchVo sowie EnEV 2009 (ohne Wärmebrückenzuschläge) vergleichen zu können.

Bis zur Energieeinsparverordnung 2007 wurden Gebäuden mit normal beheizten und niedrig beheizten Gebäudeteilen getrennt betrachtet, ein unbeheizter Bereich wurde nicht betrachtet.

Das DVA Gebäude setzt sich im Vergleich zum Züblinhaus und Z-Zwo aus einem normal beheizten (oberirdischen) und einem niedrig beheizten Gebäudeteil zusammen.

Für die Berechnungen nach den alten Wärmeschutzverordnungen und der Energieeinsparverordnung 2002/2004 wurde daher nur der oberirdische, normal beheizte Gebäudeteil betrachtet.

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zur EnEV 2007 herstellen zu können, wurden die Ist-Werte der EnEV 2007 in nachfolgende Abbildung zusätzlich für das DVA aufgenommen.

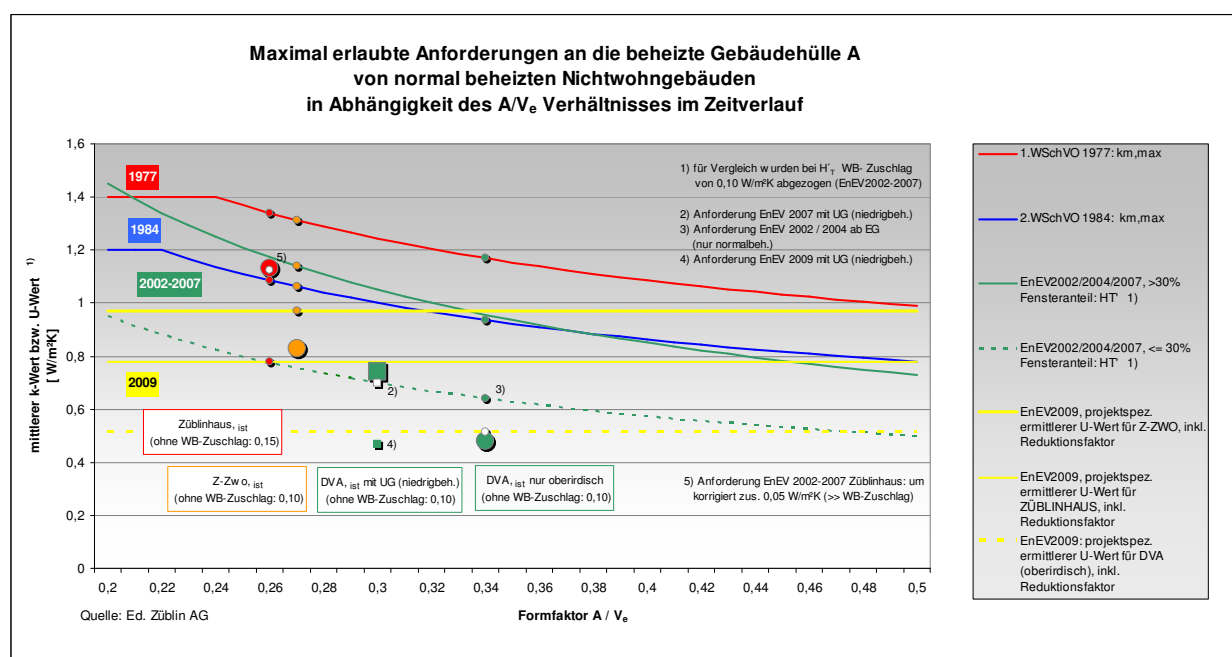


Abbildung 3.5.4.20- 5: Entwicklung der zeitlichen Anforderung an die Gebäudehülle

Das Bürogebäude DVA, mit einem  $A/V_e$  Verhältnis von 0,30 unterschreitet in seiner Ausführung und Nachweisführung mit den Untergeschossen die Energieeinsparverordnung 2007 um ca 5%.

Betrachtet man beim DVA-Gebäude in der Nachweisführung nur die normal beheizten Bereiche über 19°C ( $A/V_e$  ca. 0,34) so wird der Grenzwert des Transmissionstransferkoeffizienten  $H'_T$  und somit auch die Begrenzung des mittleren U-Wertes eingehalten.

Die Ursache liegt an dem gewählten Bauteilverfahren nach EnEV 2004 in der Sanierungsphase. Bei diesem Nachweisverfahren müssen baurechtlich nur diejenigen Bauteile nachgewiesen werden, die im Laufe der Sanierung geändert oder erneuert werden. Da bei der Sanierung im Jahre 2005/2006 die UG-Außenbauteile unverändert blieben, beschränkte sich die Verbesserung der Dämmqualität im Wesentlichen nur auf die oberirdisch angesiedelten Außenbauteile.

Bei der geänderten Betrachtungsweise seit EnEV 2007 werden sämtliche Außenbauteile der beheizten Zonen zusammengefasst, folglich führt dies zur Verschlechterung des Transmissionstransferkoeffizienten  $H'_T$  des Gesamtgebäudes.

In der EnEV 2009 wird der Grenzwert in Abhängigkeit des Formfaktors  $A/V_e$  entfallen. Stattdessen ist in Zukunft eine Nebenanforderung für den mittleren U-Wert der Außenbauteile zu erfüllen.

Dieser wurde hier für die opaken, oberirdischen Außenbauteile sowie die Fensterflächen gebäudespezifisch berechnet und gemäß den Flächenanteilen und Reduktionsfaktoren ermittelt. Da diese Nebenanforderung im Vergleich zu den Anforderungen nach der EnEV 2007 relativ niedrig gehalten ist (für opake Außenbauteile  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , für transparente Außenbauteile  $U = 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), erfüllt das DVA auch die kommenden Energieeinsparverordnung in seiner Nebenanforderung für den mittleren U-Wert.

Das DVA Gebäude muss dabei wesentlich höhere Anforderungen erfüllen als das Züblinhaus und das Z-Zwo. Dies begründet sich durch den geringeren Fensterflächenanteil (< 30%).

Nachfolgende Abbildung 3.5.4.2.-6 stellt die prozentuale Unter- und Überschreitung zu den jeweiligen Grenzwerten seit Einführung der 1. WSchVO' 77 gegenüber.

Gut ersichtlich ist die Entschärfung der Grenzwerte seit Einführung der EnEV 2002 für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$ . D.h. im Frühjahr 2009 sind bei diesen Gebäuden geringere Anforderungen an die Gebäudehülle zu erfüllen, als bei der 25 Jahre älteren WSchVO aus dem Jahr 1984. Dies trifft jedoch bei DVA Gebäude mit seinem niedrigen Fensterflächenanteil nicht zu. Hier steigen die Anforderungen mit jeder nachfolgenden Verordnung. Bei der Gesamtbetrachtung dieses Gebäudes (inkl. UG) können die Anforderungen an die Gebäudehülle eines „Neubaus“ bereits ab der EnEV 2007 nicht mehr erfüllt werden.

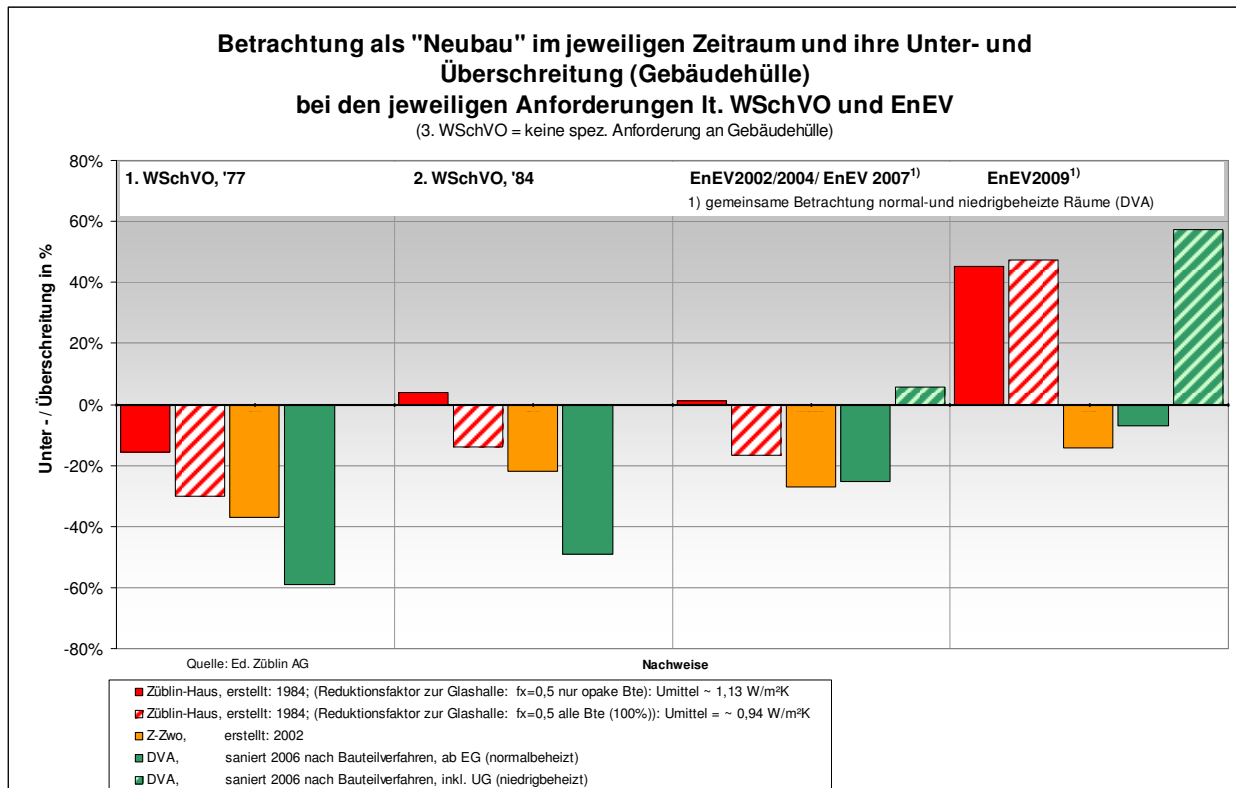


Abbildung 3.5.4.2- 6: Diagramm zur Unter-/Überschreitung der Gebäudehülle der Verordnungen als Neubau betrachtet

### **3.5.5 Vergleichsstudie normativer Energiestandard seit 1. WSchVo bis heute**

#### **3.5.5.1 Einführung**

Seit Einführung der 1. Wärmeschutzverordnung im Jahr 1977 haben sich die Anforderungen und Berechnungsmethoden für den normativen Nachweis geändert.

Während sich in den ersten drei Wärmeschutzverordnungen das Anforderungsprofil im wesentlichen nur auf die Dämmqualität der beheizten Gebäudehülle A beschränkt hat, wurden mit Einführung der Energieeinsparverordnung im Jahr 2001 (EnEV 2002) die ehemaligen Wärmeschutz- und Heizungsverordnungen ersetzt und die TGA-Anlagen nach DIN V 4701 im rechnerischen Nachweisverfahren erstmals mitberücksichtigt, indem ein max. erlaubter Primärenergiebedarf nicht überschritten werden durfte.

Die Energiesparverordnung wurde im Jahr 2004 [2004-12-08] fortgeschrieben.

Seit der Novellierung der Energieeinsparverordnung im Jahr 2007 wurde für Nichtwohngebäude der Primärenergiebedarf nicht nur innerhalb einer Heizperiode, sondern über das gesamte Jahr betrachtet, d.h. der Primärenergiebedarf beschränkt sich nun nicht mehr allein auf die Heizphase, sondern es schließt u.a. die Kühlung und Beleuchtung in den Sommermonaten mit ein. Die mit der EnEV2007 eingeführte DIN V 18599 [2007-02] ermöglicht zum ersten Mal ein differenziertes Rechenverfahren der TGA-Anlagen für Nichtwohngebäude.

Die DIN V 18599 [2007-02] steht allerdings noch in der Erprobungsphase und wird in einzelnen Bereichen noch verbessert werden müssen. Die Erfahrungswerte zeigen seit der Einführung dieser Berechnungsmethode doch einige Auslegungs-Unsicherheiten und Fehlerquellen in dieser Norm, wodurch auch die Anwendung der einzelnen Softwareprodukten zu unterschiedlichen Ergebnissen führen kann.

Dieses Problem ist dem Normenausschuss und der Regierung bekannt. An einer Vereinfachung bzw. Festlegung mancher Auslegungsvarianten wird gearbeitet.

Im Oktober 2009 wird voraussichtlich die Energieeinsparverordnung 2009 [2009-10-01] in Kraft treten.

Mit dieser Verordnung sollen künftig die Anforderungen an die Gebäudehülle als auch an den Primärenergiebedarf um ca. 30 % verschärft werden. Als Nebenanforderung zur Begrenzung des Primärenergiebedarf wird es in Zukunft für Nichtwohngebäude eine Begrenzung des mittleren U-Wertes für die einzelnen Bauteile geben.

Vor der Einführung der neuen Energieeinsparverordnung wurden bereits frühzeitig von der Politik, in der Presse die geplanten Energieersparnisse für künftige Neubauten publiziert. In der Regel werden die Ersparnisse gegenüber der vorhandenen Verordnung pauschal

hervorgehoben, dabei wird häufig ein Verbesserungspotential seit 1995 von mind. ca. -30% angestrebt.

Nachfolgende Abbildung 3.5.5.1.-7 zeigt dies am Beispiel eines häufig publizierten Schaubilds welches die Meilensteine des deutschen Energiestandards nach jeder neu eingeführten Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnung aufzeigen soll. Dabei behandeln diese Schaubilder in der Regel immer nur den Heizenergiebedarf für Wohngebäude und berücksichtigen nicht den gesamten Endenergie- bzw. Primärenergiebedarfs eines Gebäudes, welche auch den Strombedarf von Beleuchtung, Kühlung und Be- und Entlüftung enthält. Letztere Vergleichsdarstellungen sind jedoch besonders für Nichtwohngebäude erforderlich.

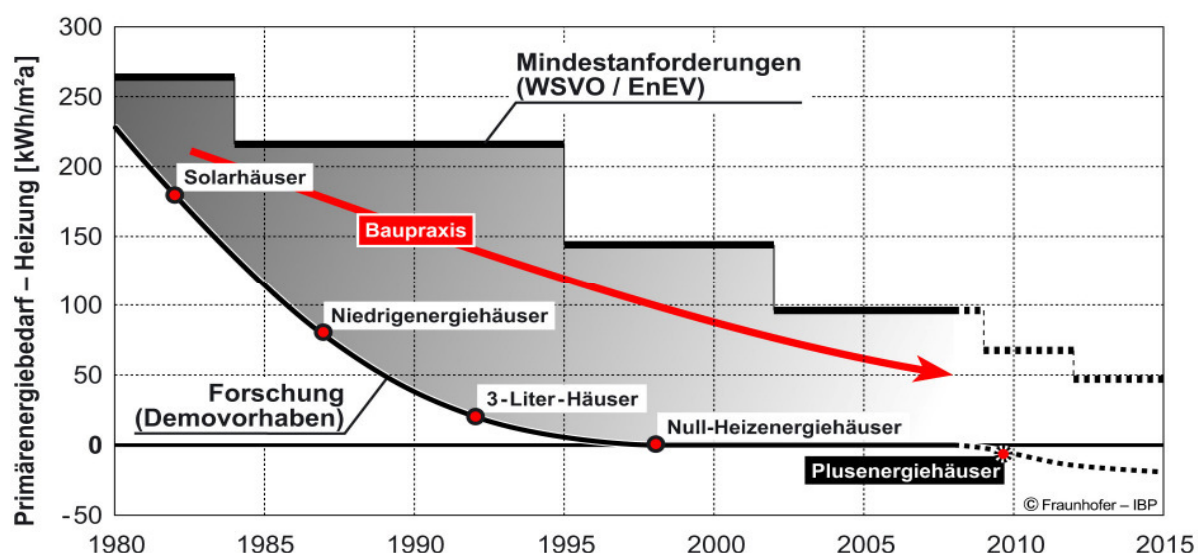


Abbildung 3.5.5.1- 7: Meilenstein des Energiesparens (für Wohngebäude) (Quelle: Fraunhofer - IBP)

Wie oben erwähnt beziehen sich die pauschalen Energieeinsparpotentiale vorwiegend auf den Heizenergiebedarf z.B. -30%, um dem Bürger bereits frühzeitig eine Vision in die Hand geben zu können. Für die sensibilisierten Bauherren wichtig, bewirkt diese Vorgehensweise für ausführende Firmen, wie Generalunternehmen, ein Risiko, die bereits in der Angebotsphase einen bestimmten Energiestandard eines Nichtwohngebäudes garantieren müssen.

Fordert ein Bauherr bereits jetzt, vor Inkrafttreten der EnEV 2009, in der Angebotsphase die Einhaltung dieser Norm, so ist der Generalunternehmer folgenden Risiken ausgesetzt:



- pauschale Aussagen zur Reduktion des Energiebedarfs um 30% können nicht ohne weiteres auf Nichtwohngebäude übertragen werden, da nach Einführung des Referenzgebäudes nach DIN V 18599 [2007-02] und EnEV 2007 pro Nachweis gebäudespezifische Anforderungen an die Gebäudehülle und TGA-Anlage festgelegt werden,
- die tatsächliche Spannweite der Energieeinsparung  $-30\% \pm x\%$  zwischen der neuen und anstehenden EnEV bleiben unbekannt, da keine Fallstudien vom Bund vorliegen,
- es liegen keine Berechnungsbeispiele seitens des Bundes vor, welche die tatsächlichen Auswirkungen auf Mehrkosten für die Baukonstruktion oder TGA-Anlagen aufzeigen,
- die auf dem Markt befindlichen Softwareprogramme bringen in der Regel erst eine Neuversion für die künftige EnEV heraus, wenn die EnEV vom Bundesrat in Kraft gesetzt wurde. Die Folge ist, dass der Generalunternehmer sein Kostenrisiko durch fehlende Rechenprogramme nicht exakt prognostizieren kann,
- trotz aller oben genannter Schwierigkeiten soll der Generalunternehmer in der kürzesten Zeit der Angebotsphase ein Kosteneinschätzung mit der Unbekannten X abgeben. Erschwerend kommt häufig hinzu, dass zum Zeitpunkt der Angebotsphase ein Nachweis nach der aktuellen EnEV den Angebotsunterlagen noch nicht beigelegt ist.

Die Folge ist, dass der Generalunternehmer mit o.g. Randbedingungen nicht in der Lage sein kann, den Energiestandard „EnEV2009“ in der Angebotsphase zu garantieren.

Um wettbewerbsfähig bleiben zu können, muss der Generalunternehmer entscheiden, ob das Risiko mit der unbekanntem Spannweite EnEV2007  $-30\% \pm x\%$  eingegangen werden kann oder das Angebot auf den Energiestandard „EnEV2007 – 30%“ beschränkt bleiben muss.

Letzteres kann zur Folge einer Nichtbeauftragung führen, sollte sich nach der Umsetzung der neuen EnEV herausstellen, dass die tatsächliche Differenz nicht bei -30%, sondern nur bei z.B. -15% liegt (zu hoher Kostenrisikozuschlag in der Angebotsphase).

Aus diesem Grund wird in nachfolgender Vergleichsstudie die Berechnungen nach DIN V 18599 [2007-02] in den Zeiträumen der vorherigen Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen von 1977, 1982, 1995 und 2002 der REG-Projekte nachgefahren, um die tatsächlichen Energiesparpotentiale am Beispiel von Nichtwohngebäuden eingruppiert zu können.

### **3.5.5.2 Züblin-Haus**

#### Vorgehensweise Vergleichsstudie- Energiestandard

Die Vergleichsstudie normativer Energiestandard seit 1. WSchVo bis heute wird nur bei den Gebäuden Z-Zwo und DVA behandelt.

Die ermittelten, normativen Energiebedarfswerte nach DIN V 18 599 [Energetische Bewertung von Gebäuden;2007-02] sind nicht mit den tatsächlichen verbraucherabhängigen Energieverbrauchswerten gleichzusetzen. Dies trifft besonders bei Nichtwohngebäuden zu, da beim EnEV-Nachweis die hohen Stromverbräuche wie EDV-Anlagen oder der Stromverbrauch der Beleuchtung in nichtbeheizter Zonen vernachlässigt werden.

In Kapitel diesem wurden die witterungsbereinigten Energieverbräuche des Züblinhauses ermittelt. Die Energieverbräuche wurden aus den Verbrauchskennzahlen der Jahre 2003 – 2007 der jeweiligen Energieversorger entnommen.

Die Energie Heizung konnte 1:1 für den Heizenergieverbrauch übernommen werden, dagegen mussten die jeweiligen Anteile des Stromverbrauchs für Kälte, Lüftung, Beleuchtung, Aufzug etc. rechnerisch ermittelt bzw. mit Hilfe von Strommessungen festgelegt werden

Im nachfolgendem Kapiteln werden die einzelnen Energieanteile des normativ ermittelten Energiebedarfs und des tatsächlich, bereinigten Energieverbrauchs verglichen.

#### Ergebnis des Vergleichs

Der Vergleich zeigt, dass die Gesamtsumme des Endenergie-Bedarfs ca. 45 % höher ist, obwohl in der Gesamtsumme des Endenergie-Verbrauchs bereits der Stromverbrauch „EDV-Anlagen“ berücksichtigt ist.

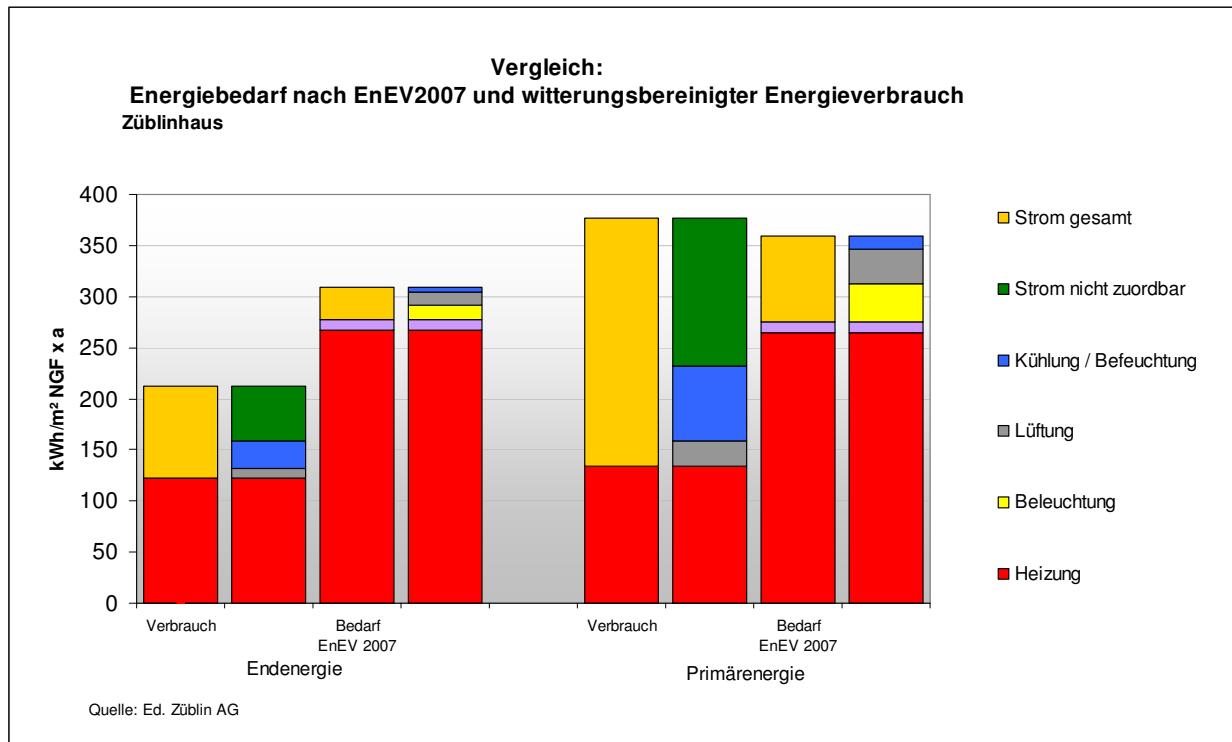


Abbildung 3.5.5.2- 11: Vergleich des normativen Energiebedarfs mit witterungsbereinigtem Energieverbrauch

Der Heiz-Endenergiebedarf alleine betrachtet liegt sogar ca. 120 % über dem tatsächlichen witterungsbereinigten Heiz-Endenergieverbrauch. Wird der überbewertete, normative Heizenergiebedarf auf das Niveau des witterungsbereinigten Heizenergieverbrauchs nach unten gestuft, so wären - nach Abzug des nicht zuordenbaren Stroms (u.a. EDV-Anlagen) – die Gesamtsummen von Verbrauch und Bedarf nahezu gleich.

Für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs wird beim Strom ein höherer Primärenergiefaktor ( $f_p = 2,7$ ) angesetzt als für die Energie Gas ( $f_p = 1,1$  bzw.  $1,0$ ).

Aufgrund des nun höheren Gewichtsanteils Strom gleicht sich der Gesamt-Primärenergieverbrauch mit 5 % Unterschied an den Gesamt-Primärenergiebedarf an.

Hier ist im Gegensatz zu den Ergebnissen des Z-Zwos bereits bei Gleichstand der Gesamtsummen der nicht zuordenbare Stromanteil wie „EDV-Anlagen Büros“ enthalten.

Gegenüberstellung der Ökobilanzen aus Basiswerten der normativen Energiekennwerte nach EnEV 2007

*Einführung*

In den Steckbriefen 1-5, 10 und 11 der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) werden für die Ökologischen Bewertungen der Gebäude gebäudespezifische Ökobilanzierungen durchgeführt.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ökobilanzierung sind die Wirkungsbilanzen aus dem Betrieb  $N$  und  $N_{ref}$  während der Nutzungsphase, die aus dem ermittelten Endenergiebedarf (Ist- und Referenzwert) nach EnEV2007 abgeleitet werden.

Die Ökobilanzierungen setzt sich dabei im wesentlichen aus den Komponenten

Baustoffwerten  $K$  (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) sowie

Betrieb  $N$  (Energie in Nutzungsphase)

zusammen.

Die Punktebewertung erfolgt in den meisten Steckbriefen (1-5, 10+11) aus dem Verhältnis:

Summe der ökologischen Istwerte der Baukonstruktion, TGA und des Betriebs  
zur Summe der dazugehörigen Referenzwerten.

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder:

$$f = \frac{K + N}{K_{ref} + N_{ref}}$$

$$f_{unten} \leq f \leq f_{oben}$$

Dabei gilt:

$K$  = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik  
als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$N$  = **Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes,  
abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV**

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{ref}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des  
Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

einzigster fix festgelegter Referenzwert

**$N_{ref}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung**

**Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel**

In Kap. 3.6 „Ökobilanzierung Baustoffe“ wird näher auf die Ökobilanzierung des Züblinhauses eingegangen.

Als Grundlage sind die ermittelten Wirkungsbilanzen der Nutzungsphase  $N^*$ , abgeleitet aus der o.g. EnEV – Berechnung, erforderlich.

Die Ergebnisse der prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb N sind in nachfolgenden Abschnitt: Wirkungsbilanzen im Betrieb N (Basis EnEV2007) aufgeführt.

**Ergebnis: Wirkungsbilanzen im Betrieb N (Basis EnEV2007)**

In nachfolgender Abbildung 3.5.5.2-12 sind entsprechend den Steckbriefen 1-5, 10+11 (Version Dez. 2008) die prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb N des Züblinhaus abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV in 50 Jahren Gebäudenutzung, aufgeführt.

Die dazugehörigen, gebäudespezifischen Referenzwerte  $N_{ref}$ , gemäß o. g. Steckbriefe, werden in der Abbildung als Vergleich gegenübergestellt.

|   |                            | Bezugsdaten für Ökobilanzierung |                                      |                           |   | Nutzung über Gesamtdauer                  |                      |                    |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
|---|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---|---|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---|
|   |                            | Faktor Lebenserwartung          |                                      | Bauteilmenge              |   | Kriteriensteckbrief des DGNB laufende Nr. |                      |                    |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
|   |                            | Betrachtungszeitraum in a       |                                      | m2                        |   | 10  | 11                   | .01                | .02                     | .04              | .05                     | .03                     |                                       |   |
|   |                            | NGF laut EnEV Nachweis          |                                      | 17380,30                  |   |   |                      |                    |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
| ftd. Nr.  | Energieart                 | Energieverbrauch pro Jahr       | Energieverbrauch pro Fläche lt. EnEV | tech. Faktor              | Bezugsgröße Energieverbrauch in Gesamtdauer | Einheit                                   | PE <sub>ne</sub>     | PE <sub>a</sub>    | GWP <sub>i</sub>        | ODP <sub>i</sub> | AP <sub>i</sub>         | EP <sub>i</sub>         | POCP <sub>i</sub>                     |   |
| 1   | 3                          | 4                               | 5                                    | 6                         | 7   | 8   | 19                   | 20                 | 21                      | 22               | 23                      | 24                      | 25                                    |   |
| -   | -                          | Sp4/NGF                         | Sp4/NGF                              | -                         | 3,6 x (Sp. 4 x Sp.6)                        | -   | kWh                  | kWh                | kg CO <sub>2</sub> -Äqu | kg R11-Äqu       | kg SO <sub>2</sub> -Äqu | kg PO <sub>x</sub> -Äqu | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu |   |
|   |                            | kWh/a                           |                                      | kWh/(NGFm <sup>2</sup> a) |   | MJ  |                      | o. Bezugsgröße     |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
| <b>Endenergie lt. EnEV-Berechnung</b>                   |                            | ohne Wasser                     |                                      |                           |   |   |                      |                    |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
| 1   | Heizwärme                  | 4.607.874                       | 265,1                                | 50                        | 829.417.320                                 | MJ  | 864416153            | 782.434            | 51.384.605              | 1,48E+01         | 26.427,78               | 2.503,64                | 4.326,72                              |   |
| 2   | Strom für Kälte            | 79.112                          | 4,6                                  | 50                        | 14.240.160                                  | MJ  | 43705424             | 2.196.545          | 2.799.774               | 4,63E+01         | 4.786,28                | 367,08                  | 323,57                                |   |
| 3   | Strom für Beleuchtung      | 241.918                         | 13,9                                 | 50                        | 43.545.240                                  | MJ  | 133647599            | 6.716.853          | 8.561.478               | 1,42E+00         | 14.636,04               | 1.122,50                | 989,44                                |   |
| 4   | Strom für RLT              | 220.283                         | 12,7                                 | 50                        | 39.650.940                                  | MJ  | 121895343            | 6.116.157          | 7.795.815               | 1,29E+00         | 13.327,12               | 1.022,11                | 900,96                                |   |
| <b>Summe Nutzung "Ausführung"</b>                       |                            | <b>5.149.187</b>                | <b>296,3</b>                         |                           | <b>926.853.660</b>                          |   | <b>1.163.464.520</b> | <b>15.791.989</b>  | <b>70.521.672</b>       | <b>3,E+00</b>    | <b>59.177</b>           | <b>5.015</b>            | <b>6.541</b>                          |   |
| <b>Endenergie lt. EnEV-Berechnung - Referenzgebäude</b> |                            | ohne Wasser                     |                                      |                           |   |   | <b>MJ !!</b>         | <b>MJ !!</b>       |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
| 1   | Heizwärme gesamt           | 2.638.935                       | 151,8                                | 50                        | (Sp. 4 x Sp.6)                              |   |                      |                    |                         |                  |                         |                         |                                       |   |
| 1a  | Heizwärme → 50% Anteil Gas | 1.319.468                       |                                      | 50                        | 65.973.375                                  | kWh                                       | 87744589             | 88.404.323         | 20.451.746              |                  | 29.028,29               | 2.177,12                |                                       |   |
| 1b  | Heizwärme → 50% Anteil Öl  | 1.319.468                       |                                      | 50                        | 65.973.375                                  | kWh                                       | 87744589             | 88.404.323         | 20.451.746              |                  | 29.028,29               | 2.177,12                |                                       |   |
| 2   | Strom für Kälte            | 93.490                          | 5,4                                  | 50                        | 4.674.500                                   | kWh                                       | 14350715             | 15.051.890         | 3.318.895               |                  | 5.656,15                | 434,73                  |                                       |   |
| 3   | Strom für Beleuchtung      | 297.623                         | 17,1                                 | 50                        | 14.881.150                                  | kWh                                       | 45685131             | 47.917.303         | 10.565.617              |                  | 18.006,19               | 1.383,95                |                                       |   |
| 4   | Strom für RLT              | 170.126                         | 9,8                                  | 50                        | 8.506.300                                   | kWh                                       | 26114341             | 27.390.286         | 6.039.473               |                  | 10.292,62               | 791,09                  |                                       |   |
| <b>Summe Nutzung - Referenzgeb.</b>                     |                            | <b>3.200.174</b>                | <b>184,1</b>                         |                           | <b>160.008.700</b>                          |   | <b>261.639.364</b>   | <b>267.168.124</b> | <b>60.827.477</b>       | <b>0,E+00</b>    | <b>92.012</b>           | <b>6.964</b>            | <b>0</b>                              |   |
|   |                            |                                 |                                      |                           |   |   | 85% lt. DGNB         | 222.393.459        | 227.092.905             | 51.703.355       | 0                       | 78.210                  | 5.919                                 | 0 |

Abbildung 3.5.5.2- 12: Ökobilanzierung „Phase Nutzung“ auf Basis Stb 1-5, 10+11 des DGNB (Version Dez. 2008) in 50 a

In der Abbildung 3.5.5.2.-13 sind die prozentualen Abweichungen der einzelnen Wirkungsbilanzen N und  $N_{ref}$  für den Betrieb gegenübergestellt.

Der Vergleich in Abbildung 3.5.5.2.-13 ist als erste Einschätzung innerhalb der Betriebsphase (Energie) zu sehen und ist nicht mit dem oben beschriebenen Verhältnis f nach DGNB gleichzusetzen, da der Anteil der Baustoffe unberücksichtigt bleibt.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Ist-Werte im Gegensatz zu Z-Zwo nicht in allen Wirkungsbilanzen unterschritten werden. Die Über- und Unterschreitung der Referenzwerte liegt zwischen ca. + 45 und - 24 %. Beim Gesamtenergiebedarf liegt sogar eine Unterschreitung um - 98% vor.

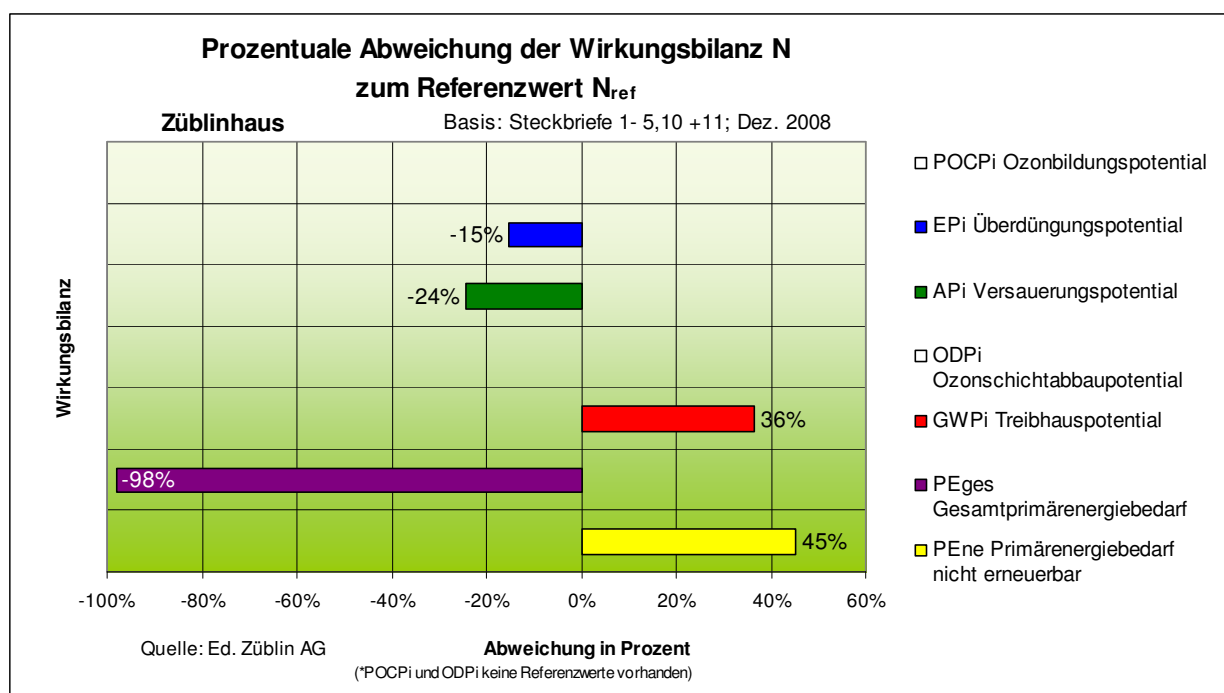


Abbildung 3.5.5.2- 13: Prozentuale Abweichung der Wirkungsbilanzen – Phase Nutzung

Lt. Angaben des DGNB werden Referenzwerte (Version Dez. 2008) künftig wesentlich verschärft werden.

Fazit

Das Nichtwohngebäude Züblinhaus, Stuttgart wurde im Jahre 1984 fertig erstellt.

Das Gebäude unterlag in der Planungsphase der damals gültigen 1. Wärmeschutzverordnung 1977.

Im Verlauf dieser Studie wurde das Gebäude nach der heute gültigen EnEV 2007 berechnet.

Die Auswertungen ergaben, dass das Gebäude sowohl als betrachteter Neubau als auch als Bestandsgebäude die Grenzwerte des Primärenergiebedarfes nach den heutigen Vorgaben nicht erfüllt. Der zulässige Primärenergiebedarf wird nach der EnEV 2007 (als Bestandsgebäude) um 3,7% und der zulässige Transmissionswärmeverlust um 25,6% unterschritten.

Ein Unsicherheitsfaktor in der Berechnung war der Ansatz des Reduktionsfaktors zu Halle hin.

In der Berechnung wurden die opaken Bauteile zu Halle hin mit dem Reduktionsfaktor von 0,5 (trennendes Bauteil zu unbeheizt) belegt. Dieses Vorgehen führte zu den guten Ergebnissen in dem Transmissionswärmetransferkoeffizienten  $H'_T$ . In wieweit dieser Ansatz bei so einer großen Halle eingabetechnisch korrekt ist, bedarf einer zusätzlichen Studie.

Da für das Gebäude gem. EnEV 2007 Abs.3 §9 eigentlich die Anforderungen als Gebäudebestand gelten, würden die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust um 140% erhöht werden. Der tatsächliche Primärenergiebedarf würde dann um 32,7% und der Transmissionswärmeverlust um 46,8% unterschritten werden.

Eine bundesweite Studie für den Vergleich des normativen Energiebedarf mit bau- und zeitgleichen Gebäuden liegt zur Zeit leider nicht vor.

Einen Vergleich und eine Einstufung des Gebäudes ist daher nicht möglich.

Ebenso konnte eines der Ziele, Richtwerte für einzelne Zonen zu bekommen, leider nicht umgesetzt werden. Die Ergebnisse von den Zonen sind stark abhängig von den Orientierungen, eingebauten Beleuchtungen und zonenbedingte Nutzungsprofilen, so dass eine Richtungsweisende Einschätzung nicht klar gegeben werden kann.

Mit der Einführung der EnEV 2007 wurde die neue Bilanzierungsmethode nach der DIN V 18599 eingeführt. Da diese Norm sich noch in der Erprobungsphase befindet, stecken in dieser Berechnungsmethode noch einige „Kinderkrankheiten“. Eine exakte Nachweisführung ist durch diverse Auslegungsmöglichkeiten, Fehlen von einzelnen TGA –Kombinationen, teilweise Unsicherheiten und mangelnde Erfahrung hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Norm in manchen Teilen erschwert bzw. nicht immer nachvollziehbar. Ein gewisser Spielraum in den einzelnen Ergebnissen ist somit laut Normenausschuss momentan vertretbar.

Ziel des Normenausschusses und der Regierung ist es, bis zum Herbst 2009 mit der Einführung der EnEV 2009 das Verfahren weiter zu entwickeln und in manchen Teilen zu vereinfachen.

Im Abschluss erfolgte ein Vergleich des witterungsbereinigten Energieverbrauchs mit dem normativ ermittelten Energiebedarf.



Die Überbewertung des Anteils Gas (Heizung) lt. Fachliteratur beim ermittelten normativen Energiebedarf nach DIN V 18 599 [Energetische Bewertung von Gebäuden;2007-02] konnte bestätigt werden.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### 3.5.5.3 Z-zwo

#### Vorgehensweise Vergleichsstudie- Energiestandard

Für die Vergleichsstudie wurden zuerst die Nachweisverfahren der 1.-3. WSchVo und der EnEV2002 für das Z-Zwo berechnet. Dabei wurden die Gebäudestruktur des Z-Zwo komplett übernommen, allerdings wurde der Dämmwert der Gebäudehülle soweit abgeändert, bis die Anforderungen der jeweiligen Verordnung um max. 1% unterschritten wird. Die Einhaltung der DIN 4108-2 [ Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz] Tabelle 3 werden dabei berücksichtigt.

In nachfolgender Abbildung 3.5.5.3-8 sind die wesentlichsten konfigurierten Werte gegenübergestellt. Die Werte in der Spalte EnEV (2007) entsprechen den realen Dämmwerten und sind nur für den Vergleich aufgeführt.

Abbildung 3.5.5.3-8: Gegenüberstellung der angepassten Dämmeigenschaft der Gebäudehülle in den verschiedenen Meilensteinen der Verordnungen, damit die jeweiligen Anforderung max. um 1 % unterschritten wird:

|                           | 1. WSchVo<br>(1977)               |                    | 2. WSchVo<br>(1982)               |                    | 3. WSchVo<br>(1995)               |                    | EnEV<br>(2002/2004) |                    | EnEV<br>(2007) <sup>4)</sup> |                    |
|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
|                           |                                   | W/m <sup>2</sup> K |                                   | W/m <sup>2</sup> K |                                   | W/m <sup>2</sup> K |                     | W/m <sup>2</sup> K |                              | W/m <sup>2</sup> K |
| <b>Gebäudehülle</b>       |                                   |                    |                                   |                    |                                   |                    |                     |                    |                              |                    |
| Fensterelemente           | k <sub>F</sub>                    | 2,4 <sup>1)</sup>  | k <sub>F</sub>                    | 2,1 <sup>1)</sup>  | k <sub>F</sub>                    | <b>2,00</b>        | U                   | 1,50               | U                            | 1,60               |
|                           | g <sup>2),3)</sup>                | 0,7 <sup>1)</sup>  | g <sup>2),3)</sup>                | 0,7 <sup>1)</sup>  | g <sup>2)</sup>                   | <b>0,62</b>        | g                   | 0,60               | g                            | 0,58               |
| opake Außenwand           | k <sub>W</sub>                    | 0,40 <sup>1)</sup> | k <sub>W</sub>                    | 0,30 <sup>1)</sup> | k <sub>W</sub>                    | 0,30               | k <sub>W</sub>      | 0,30               | k <sub>W</sub>               | 0,308              |
| Dach                      | k <sub>D</sub>                    | 0,70               | k <sub>D</sub>                    | 0,30               | k <sub>D</sub>                    | 0,30               | k <sub>D</sub>      | 0,30               | k <sub>D</sub>               | 0,206              |
| Tiefgaragendecke          | k <sub>DL</sub>                   | 0,55               | k <sub>DL</sub>                   | 0,30               | k <sub>DL</sub>                   | 0,30               | k <sub>DL</sub>     | 0,30               | k <sub>DL</sub>              | 0,326              |
| Wärmebrücken-<br>zuschlag | ΔU <sub>WB</sub><br><sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub><br><sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub><br><sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub>    | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub>             | 0,10               |
| <b>Formfaktor</b>         | F/V                               | 0,268              | A/V                               | 0,268              | A/V                               | 0,268              | A/Ve                | <b>0,268</b>       | A/Ve                         | <b>0,268</b>       |
| <b>Anforderungen</b>      | <b>max</b>                        | <b>ist</b>         | <b>max</b>                        | <b>ist</b>         | <b>max</b>                        | <b>ist</b>         | <b>max</b>          | <b>ist</b>         | <b>max</b>                   | <b>ist</b>         |

|                 |        |                |      |                |      |                |      |                 |                    |               |        |
|-----------------|--------|----------------|------|----------------|------|----------------|------|-----------------|--------------------|---------------|--------|
| $k_m$           | $H_T$  | 1,32           | 1,32 | 1,07           | 1,06 | --             | 1,02 | 1,25            | 0,90               | 1,25          | 0,93   |
| Unterschreitung |        | <b>- 0,1 %</b> |      | <b>- 0,8 %</b> |      | <b>--</b>      |      | <b>- 27,7 %</b> |                    | <b>- 25 %</b> |        |
| $k_{m,W+F}$     |        | 1,85           | 1,84 | --             | --   | --             | --   | --              | --                 | --            | --     |
| Unterschreitung |        | <b>- 0,4 %</b> |      | <b>--</b>      |      | <b>--</b>      |      | <b>--</b>       |                    | <b>--</b>     |        |
| $Q'_H$          | $Q'_P$ | --             | --   | --             | --   | 18,5           | 18,4 | 16,4            | 16,1 <sup>5)</sup> | 196,4         | 185,01 |
| Unterschreitung |        | <b>--</b>      |      | <b>--</b>      |      | <b>- 0,1 %</b> |      | <b>- 1,2%</b>   |                    | <b>- 4,9%</b> |        |
|                 |        |                |      |                |      |                |      | Kriterium       |                    |               |        |

Für den Zeitraum 1. bis 3. WSchVo mussten bessere k-Werte für die Fensterelemente angesetzt werden als zur damaligen Zeiten üblich. Die Werte resultieren aus dem hohen Fensterflächenanteil von 72 % des Z-Zwo's.

Mit diesen veränderten Kennwerten wurde anschließend der Heizenergie – und Primärenergiebedarf pro Zeitphase nach DIN V 18599 [2007-02] ermittelt, dabei wurden die in Kap.1 festgelegten Zonierungen und normierten Eingabedaten übernommen.

Für die TGA-Anlage wurden die vorliegenden TGA-Anlagen des jeweiligen Jahres aus dem Softwareprogramm IPB18599 (Version 2.8.0.239) entnommen. Siehe hierzu nachfolgende Abbildung 3.5.5.3.-9.

Abbildung 3.5.5.3.-9: Gegenüberstellung der geänderten TGA-Anlagen in den verschiedenen Meilensteinen der Verordnungen:

|                    | 1. WSchVo (1977)                        | 2. WSchVo (1984)                        | 3. WSchVo (1995)                        | EnEV (2002/2004)                        | EnEV (2007) <sup>4)</sup>            |
|--------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| <b>TGA-Anlagen</b> |   |   |   |   |                                      |
| Heizung            | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1978    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1984    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1995    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 2002    | BW-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 2002 |
| Klima              | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Kompaktklima<br>gerät (Server)       |
| Lüftung            | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | reine Abluft-<br>anlage (WC)         |
| Beleuchtung        | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | gem.<br>Fachplanung                  |

- 1) bedingt durch 2. Anforderung  $k_{m,W+F} < 1,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  und Fensterflächenanteil von ca. 72 % hier eine Dreifachverglasung erforderlich
- 2) ohne Einheit, teils  $g_{\perp}$
- 3) Angabe nur für Berechnung EnEV2007 erforderlich

- 4) Ist-Daten: Dämmung der Gebäudehülle sowie TGA-Anlage → für Vergleich der Vorspalten
- 5) Anforderung nur erfüllbar mit Luftwechselrate  $n=0,6$ , d.h. mit Blowerdoormessung
- 6) NT = Niedertemperaturkessel, Inputdaten aus Softwareprogramm IBP 18599, Heilmann
- 7) Klima des Serverraums geringfügig, Belüftung: WC-Anlage

### Ergebnis der Vergleichsstudie- Energiestandard

Die gebäudespezifischen Meilensteine des Energiestandards von Z-Zwo werden in nachfolgender Abbildung 3.5.5.3.-10 analog der Abbildung 3.5.5.3.- 7: „Meilenstein des Energiesparens (für Wohngebäude) (Quelle: Fraunhofer - IBP)“ grafisch gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Primärenergiebedarf „Heizung“ ist der Gesamt-Primärenergiebedarf“ aufgeführt. Dieser setzt sich aus dem ermittelten Primärenergiebedarf „Heizung“ pro Verordnungsphase und dem  $\Delta$ -Betrag =  $62,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \times \text{a})$  für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung des Referenzgebäudes EnEV 2007 zusammen. Der Gesamt-Primärenergiebedarf ist als Orientierung aufgeführt, da schlussendlich nur dieser als Anforderung lt. EnEV 2007 zu erfüllen ist.

Weiterhin sind die jeweiligen Ist- Werte des Z-Zwo's für Primärenergiebedarf „Heizung“ und „gesamt“ (Kap. 1.4.2) dargestellt, im Gültigkeitsjahr der EnEV 2007 sowie im Erstellungsjahr 2001/2002.

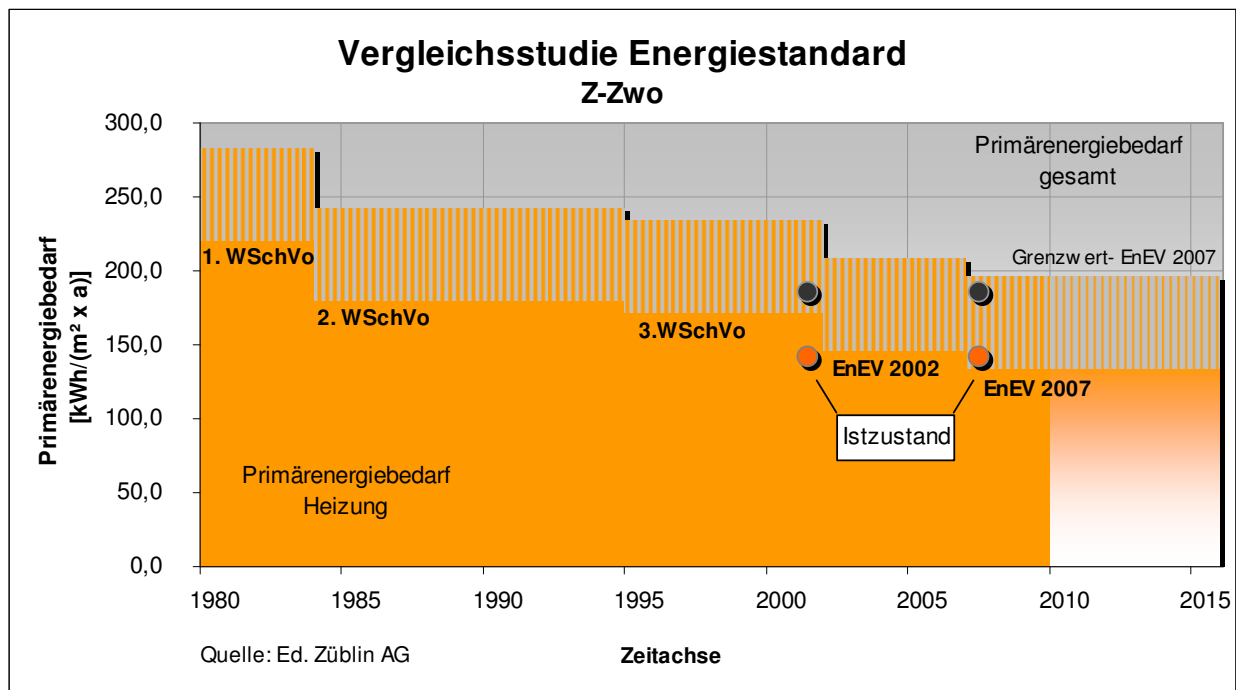


Abbildung 3.5.5.3.- 10:Vergleichsstudie Energiestandard - Nichtwohngebäude, Bsp. Z-Zwo

Der Vergleich der beiden Grafiken (Abbildungen 3.5.5.3.-7 und -10) zeigt, dass

- der Primärenergiebedarf „Heizung“ des Z-Zwo's im Jahr 1980 ( $\sim 220 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{xa})$ ) unter dem Wert laut Fraunhofer Institut für Wohngebäude ( $\sim 260 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{xa})$ ) liegt,
- jedoch im Jahr 2007 der Primärenergiebedarf „Heizung“ des Z-Zwo's mit  $\sim 133 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{xa})$  den Orientierungswert für Wohngebäude ( $\sim 100 - 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{xa})$ ) überschreitet.

Die absolute Ursache hierfür kann nicht nachvollzogen werden, da die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs „Heizung“ – Wohngebäude des Fraunhofer Instituts als Vergleich nicht vorliegen.

Ein Grund kann sein, dass bis zur 3. WSchVo keine unterschiedlichen Grenzwerte für Wohn- und Nichtwohngebäude angesetzt und erst seit Einführung der EnEV 2002 die Anforderungswerte zwischen Wohngebäude und Nichtwohngebäude differenziert wurden. Seit EnEV 2002 unterliegen die Wohngebäude in der Regel bei gleichem Formfaktor  $A/V_e$  einem schärferem Anforderungsprofil.

Die publizierten Verbesserungspotentiale des Primärenergiebedarfs „Heizung“ von - 30% zwischen 2 Verordnungen können für das Gebäude Z-Zwo nicht bestätigt werden.

Die Verbesserungspotentiale liegen:

- zwischen 1. / 2. WSchVo sowie 3. WSchVO / EnEV 2002 bei 15 und 18 %
- zwischen 2. WSchVo / 3. WSchVo sowie EnEV 2002 / EnEV 2007 bei 5...8 %.

Beim Gesamt-Primärenergiebedarf“ sinken die Prozentwerte auf 11 bis 14 % und 3 bis 6 % ab. Dies liegt am gleichen  $\Delta$ -Betrag =  $62,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ xa})$  für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung in allen Zeitphasen. Beim Einsetzen realer Kennwerte aus jeder Zeitepoche könnten sich die Verbesserungspotentiale beim Gesamt-Primärenergiebedarfs nach oben oder unten verändern. Aufgrund fehlender verifizierter Ausgangsdaten ist dies jedoch nicht möglich. Daher wurden für alle Zeitepochen die verhältnismäßig schlechten Werte des Referenzgebäudes (EnEV 2007) eingesetzt.

Vergleich der tatsächlichen Verbrauchs-Energiekennwerte mit normativen Energiekennwerten nach EnEV 2007

*Einführung*

Die ermittelten, normativen Energiebedarfswerte nach DIN V 18 599 [2007-02] sind nicht mit den tatsächlichen verbraucherabhängigen Energieverbrauchswerten gleichzusetzen. Dies trifft besonders bei Nichtwohngebäuden zu, da beim EnEV-Nachweis die hohen Stromverbräuche wie EDV-Anlagen oder der Stromverbrauch der Beleuchtung in nichtbeheizter Zonen vernachlässigt werden.

In Kapitel diesem wurden die witterungsbereinigten Energieverbräuche des Z-Zwo's ermittelt. Die Energieverbräuche wurden aus den Verbrauchskennzahlen der Jahre 2003 – 2007 der jeweiligen Energieversorger entnommen.

Die Energie Heizung konnte 1:1 für den Heizenergieverbrauch übernommen werden, dagegen mussten die jeweiligen Anteile des Stromverbrauchs für Kälte, Lüftung, Beleuchtung, Aufzug etc. rechnerisch ermittelt bzw. mit Hilfe von Strommessungen festgelegt werden

Im nachfolgendem Kapiteln werden die einzelnen Energieanteile des normativ ermittelten Energiebedarfs und des tatsächlich, bereinigten Energieverbrauchs verglichen.

*Ergebnis des Vergleichs*

Der Vergleich zeigt, dass die Gesamtsumme Endenergie des Energieverbrauchs und Energiebedarfs nahezu gleich hoch ist, obwohl beim Energieverbrauch der Stromverbrauch „EDV-Anlagen“ berücksichtigt wurden.

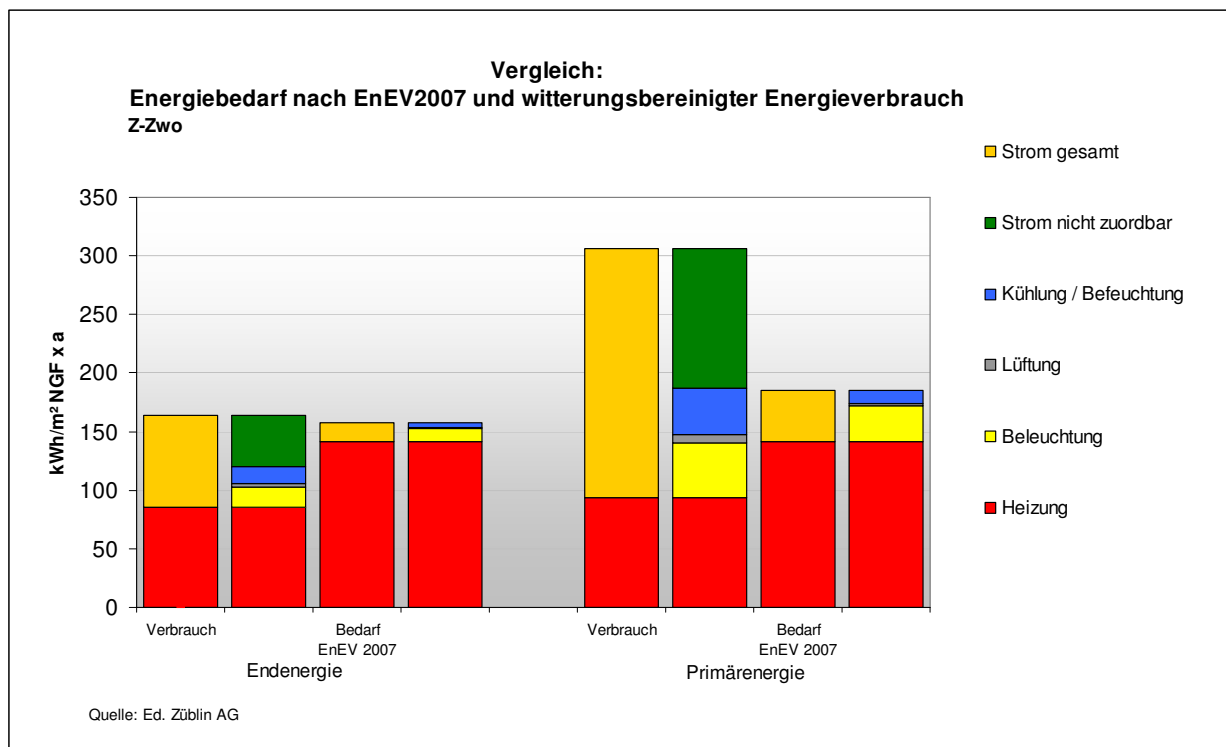


Abbildung 3.5.5.3- 11: Vergleich des normativen Energiebedarfs mit witterungsbereinigtem

Der Unterschied liegt an den unterschiedlichen Gewichtungsanteilen Strom gesamt / Gas (Heizung). Der tatsächliche Energieverbrauch Gas (Heizung) ist ca. 40 % geringer als der ermittelte, normative Energiebedarf nach DIN V 18 599 [2007-02].

Dies hat Auswirkungen bei der Gesamtsumme Primärenergie. Für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs wird beim Strom ein höherer Primärenergiefaktor ( $f_p = 2,7$ ) angesetzt als für die Energie Gas ( $f_p = 1,1$  bzw.  $1,0$ ).

Aufgrund des nun höheren Gewichtungsanteils Strom ist die Gesamt-Primärenergie beim witterungsbereinigten Energieverbrauch ca. 65 % höher als beim normativ, ermittelten Energiebedarf.

Der Differenzbetrag zum Energiebedarf kann im Wesentlichen dem zusätzlichen Energieverbrauch für „EDV-Anlagen Büros“ zugeordnet werden.

### Gegenüberstellung der Ökobilanzen aus Basiswerten der normativen Energiekennwerte nach EnEV 2007

#### *Einführung*

In den Steckbriefen 1-5, 10 und 11 der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) werden für die Ökologischen Bewertungen der Gebäude gebäudespezifische Ökobilanzierungen durchgeführt.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ökobilanzierung sind die Wirkungsbilanzen aus dem Betrieb N und  $N_{ref}$  während der Nutzungsphase, die aus dem ermittelten Endenergiebedarf (Ist- und Referenzwert) nach EnEV2007 abgeleitet werden.

Die Ökobilanzierungen setzt sich dabei im wesentlichen aus den Komponenten

Baustoffwerten K (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) sowie

Betrieb N (Energie in Nutzungsphase)

zusammen.

Die Punktebewertung erfolgt in den meisten Steckbriefen (1-5, 10+11) aus dem Verhältnis:

Summe der ökologischen Istwerte der Baukonstruktion, TGA und des Betriebs  
zur Summe der dazugehörigen Referenzwerten.

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

Dabei gilt:

**K** = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik  
als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

**N** = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes,  
abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{\text{ref}}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des  
Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

*einzig fix festgelegte Referenzwert*

$N_{\text{ref}}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb,  
errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-  
Berechnung

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

In Kap. 3.5. „Ökobilanzierung Baustoffe“ wird näher auf die Ökobilanzierung des Züblinhauses eingegangen.

Als Grundlage sind die ermittelten Wirkungsbilanzen der Nutzungsphase  $N$ “, abgeleitet aus der o.g. EnEV – Berechnung, erforderlich.

Die Ergebnisse der prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb  $N$  sind im nachfolgenden Abschnitt: Wirkungsbilanzen im Betrieb  $N$  (Basis EnEV2007) aufgeführt.

### Ergebnis: Wirkungsbilanzen im Betrieb $N$ (Basis EnEV2007)

In nachfolgender Abbildung 3.5.5.3.-12 sind entsprechend den Steckbriefen 1-5, 10+11 (Version Dez. 2008) die prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb  $N$  des Z-Zwo abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV in 50 Jahren Gebäudenutzung, aufgeführt.



Die dazugehörigen, gebäudespezifischen Referenzwerte  $N_{ref}$ , gemäß o. g. Steckbriefe, werden in der Abbildung als Vergleich gegenübergestellt.

|  |                            | Bezugsdaten für Ökobilanzierung                  |   |               |   | Nutzung über Gesamtdauer                  |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
|--|----------------------------|--|---|---------------|---|---|--------------------|-------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
|  |                            | Faktor Lebenserwartung                           |   | Bauteilmenge  |   | Kriteriensteckbrief des DGNB laufende Nr. |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
|  |                            | Betrachtungszeitraum in a NGF laut EnEV Nachweis |   | m2            |   | 10 11 .01 .02 .04 .05 .03                 |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
|  |                            | 7636,00  |   | 50            |   |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
| Itd. Nr.   | Energieart                 | Energieverbrauch pro Jahr                        | Energieverbrauch pro Jahr und NGF Fläche lt. EnEV | Fachm. Faktor | Bezugsgröße Energieverbrauch in Gesamtdauer | Einheit                                   | PE <sub>ne</sub>   | PE <sub>e</sub>   | GWP <sub>i</sub>        | ODP <sub>i</sub> | AP <sub>i</sub>         | EP <sub>i</sub>         | POCP <sub>i</sub>                     |
|  |                            |  |   |               |   |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
|  |                            | kWh/a  | kWh/(NGFm2*a)                                     | a             |   | MJ  | kWh                | kWh               | kg CO <sub>2</sub> -Äqu | kg R11-Äqu       | kg SO <sub>2</sub> -Äqu | kg PO <sub>2</sub> -Äqu | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu |
|  |                            | o. Bezugsgröße                                   |   |               |   |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
| Endenergie lt. EnEV-Berechnung                   |                            |  |   |               |   |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
| 1  | Heizwärme                  | 1.085.161  | 142,1   | 50            | 195.328.980                                 | MJ  | 203571256          | 179.554           | 12.096.439              | 3.48E-02         | 6.223.78                | 589.61                  | 1.018.95                              |
| 2  | Strom für Kälte            | 29.019   | 3,8   | 50            | 5.223.420                                   | MJ  | 16031547           | 805.713           | 1.026.982               | 1.70E-01         | 1.755.65                | 134.65                  | 118.69                                |
| 3  | Strom für Beleuchtung      | 86.294   | 11,3  | 50            | 15.532.920                                  | MJ  | 47673120           | 2.395.953         | 3.053.945               | 5,05E-01         | 5.220.79                | 400.40                  | 352.94                                |
| 4  | Strom für RLT              | 6.873  | 0,9   | 50            | 1.237.140                                   | MJ  | 3796989            | 190.829           | 243.235                 | 4,02E-02         | 415.82                  | 31.89                   | 28.11                                 |
| <b>Summe Nutzung "Ausführung"</b>                |                            | <b>1.207.347</b>                                 | <b>158,1</b>                                      |               | <b>217.322.460</b>                          |   | <b>271.072.912</b> | <b>3.572.049</b>  | <b>16.420.601</b>       | <b>7,E-01</b>    | <b>13.616</b>           | <b>1.157</b>            | <b>1.519</b>                          |
|  |                            |  |   |               |   |   | MJ !!              | MJ !!             |                         |                  |                         |                         |                                       |
| Endenergie lt. EnEV-Berechnung - Referenzgebäude |                            |  |   |               |   |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
| 1  | Heizwärme gesamt           | 1.023.396,10                                     | 134,0   | 50            | (Sp. 4 x Sp.6)                              |   |                    |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |
| 1a   | Heizwärme → 50% Anteil Gas | 511.698  |   | 50            | 25.584.903                                  | kWh                                       | 34027920           | 34.283.769        | 7.931.320               |                  | 11.257,36               | 844,30                  |                                       |
| 1b   | Heizwärme → 50% Anteil Öl  | 511.698  |   | 50            | 25.584.903                                  | kWh                                       | 34027920           | 34.283.769        | 7.931.320               |                  | 11.257,36               | 844,30                  |                                       |
| 2  | Strom für Kälte            | 39.442   | 5,2   | 50            | 1.972.080                                   | kWh                                       | 6054286            | 6.350.098         | 1.400.177               |                  | 2.386,22                | 183,40                  |                                       |
| 3  | Strom für Beleuchtung      | 130.910  | 17,1  | 50            | 6.545.480                                   | kWh                                       | 20094624           | 21.076.446        | 4.647.291               |                  | 7.920,03                | 608,73                  |                                       |
| 4  | Strom für RLT              | 7.311  | 1,0   | 50            | 365.525                                     | kWh                                       | 1122162            | 1.176.991         | 259.523                 |                  | 442,29                  | 33,99                   |                                       |
| <b>Summe Nutzung - Referenzgeb.</b>              |                            | <b>1.201.058</b>                                 | <b>157,3</b>                                      |               | <b>60.052.890</b>                           |   | <b>95.326.912</b>  | <b>97.171.072</b> | <b>22.169.630</b>       | <b>0,E+00</b>    | <b>33.263</b>           | <b>2.515</b>            | <b>0</b>                              |
|  |                            |  |   |               |   |   | 81.027.875         | 82.595.412        | 18.844.185              | 0                | 28.274                  | 2.138                   | 0                                     |
|  |                            |  |   |               |   |   | 85% lt. DGNB       |                   |                         |                  |                         |                         |                                       |

Abbildung 3.5.5.3- 12: Ökobilanzierung „Phase Nutzung“ auf Basis Stb 1-5, 10+11 des DGNB (Version Dez. 2008) in 50 a

In der Abbildung 3.5.5.3.-13 sind die prozentualen Abweichungen der einzelnen Wirkungsbilanzen  $N$  und  $N_{ref}$  für den Betrieb gegenübergestellt.

Der Vergleich in Abbildung 3.5.5.3.-13 ist als erste Einschätzung innerhalb der Betriebsphase (Energie) zu sehen und ist nicht mit dem oben beschriebenen Verhältnis  $f$  nach DGNB gleichzusetzen, da der Anteil der Baustoffe unberücksichtigt bleibt.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Referenzwerte des Z-Zwo Gebäudes von den Ist-Werten um ca. -7% bis - 52 % unterschritten werden. Beim Gesamtenergiebedarf liegt sogar eine Unterschreitung von - 99% vor.

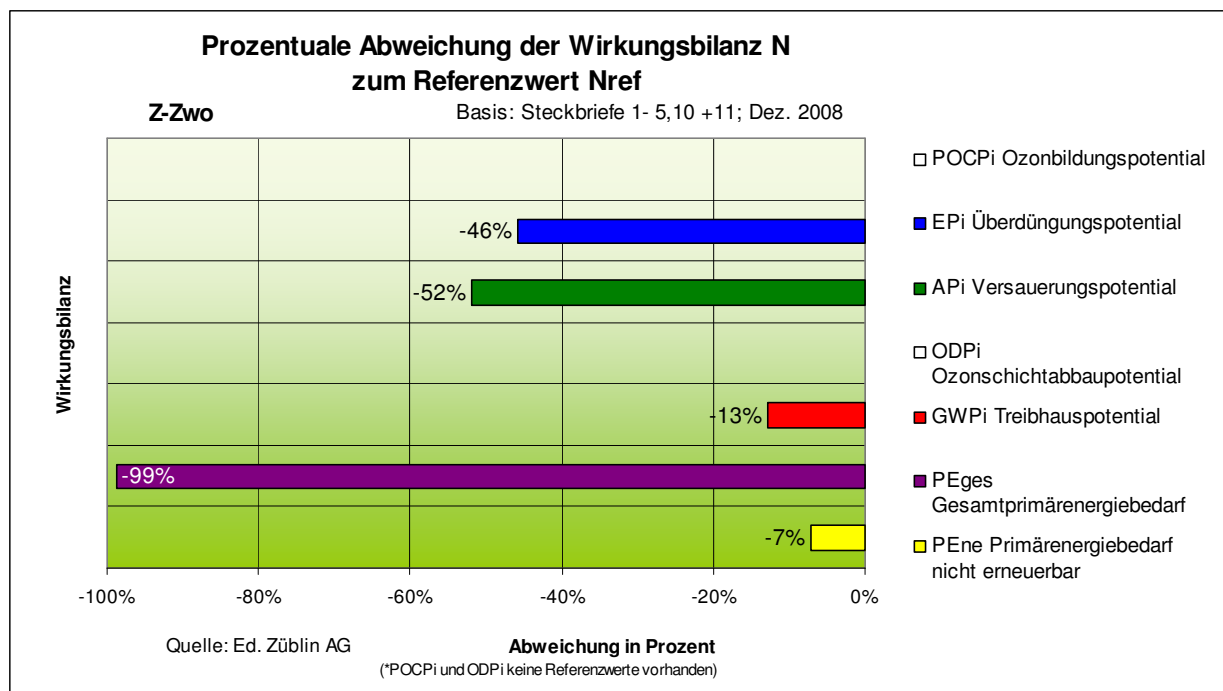


Abbildung 3.5.5.3- 13: Prozentuale Abweichung der Wirkungsbilanzen – Phase Nutzung

Lt. Angaben des DGNB werden Referenzwerte (Version Dez. 2008) künftig wesentlich verschärft werden.

### Fazit

Das Nichtwohngebäude Z-Zwo, Stuttgart wurde im Jahre 2002 erstellt.

Das Gebäude unterlag in der Planungsphase der damals gültigen 3. Wärmeschutzverordnung 1995. Da die Erstellung des Gebäudes in der Übergangsphase zur EnEV 2002 war, setzte man sich damals zum Ziel die gültige Wärmeschutzverordnung um 20% zu unterschreiten um die kommende EnEV 2002 zu erfüllen.

Im Verlauf dieser Studie wurde das Gebäude nach der heute gültigen EnEV 2007 berechnet.

Die Auswertungen ergaben, dass das Gebäude als betrachteter Neubau sowohl die Grenzwerte des Primärenergiebedarfes als auch die des Transmissionswärmeverlustes nach den heutigen Vorgaben erfüllt. Der zulässige Primärenergiebedarf wird nach der EnEV 2007 um 5,8% und der zulässige Transmissionswärmeverlust um 25,6% unterschritten.

Da für das Gebäude gem. EnEV 2002 Abs.3 §9 eigentlich die Anforderungen als Gebäudebestand gelten, würden die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust um 140% erhöht werden. Der tatsächliche Primärenergiebedarf würde dann um 32,7% und der Transmissionswärmeverlust um 46,8% unterschritten werden.

Bei alleiniger Betrachtung des Endenergiebedarfs wären die Anforderungen des Referenzgebäudes nicht eingehalten worden. Durch den Ansatz des Primärenergiefaktors  $f_p$  in Höhe von 2,7 für Strom im Bereich der Kühlung, Lüftung und Beleuchtung werden die zulässigen Grenzwerte eingehalten. Vor allem im Bereich der Beleuchtung mit Präsenzschtaltung wird durch diesen Ansatz eine, für die Einhaltung des Gesamtgrenzwertes, wichtige Optimierung erreicht.

Eine bundesweite Studie für den Vergleich des normativen Energiebedarf mit bau- und zeitgleichen Gebäuden liegt leider zur Zeit nicht vor.

Einen Vergleich und eine Einstufung des Gebäudes ist daher nicht möglich.

Ebenso konnte eines der Ziele, Richtwerte für einzelne Zonen zu bekommen, leider nicht umgesetzt werden. Die Ergebnisse von Zonen wie Einzel-, Gruppen- oder Großraumbüros im Falle von Z-Zwo sind stark abhängig von den Orientierungen, eingebauten Beleuchtungen und zonenbedingte Nutzungsprofilen, so dass eine Richtungsweisende Einschätzung nicht klar gegeben werden kann.

Die Energieeinsparverordnung 2009 wird voraussichtlich im Oktober 2009 in Kraft treten und auch die nächste EnEV 2012 ist derzeit schon im Gespräch. Das Ziel und die Vorgaben sind eine jeweils 30% Verschärfung gegenüber der EnEV 2007 zu erreichen.

In wieweit die hier publizierten Verbesserungspotentiale von 30% tatsächlich für Nichtwohngebäude übertragbar sind, ist nirgendwo dokumentiert und verifiziert. Aus diesem Grund wurden für das Z-Zwo die gebäudespezifischen Meilensteine des Energiestandards von 1. WSchVo bis EnEV 2007 ermittelt. Die publizierten Verbesserungspotentiale von 30 % sind für das Z-Zwo nicht übertragbar.

Mit der Einführung der EnEV 2007 wurde die neue Bilanzierungsmethode nach der DIN V 18599 [2007-02] eingeführt. Da diese Norm sich noch in der Erprobungsphase befindet, stecken in dieser Berechnungsmethode noch einige „Kinderkrankheiten“. Eine exakte Nachweisführung ist durch diverse Auslegungsmöglichkeiten, Fehlen von einzelnen TGA – Kombinationen, teilweise Unsicherheiten und mangelnde Erfahrung hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Norm in manchen Teilen erschwert bzw. nicht immer nachvollziehbar. Ein gewisser Spielraum in den einzelnen Ergebnissen ist somit laut Normenausschuss momentan vertretbar.

Ziel des Normenausschusses und der Regierung ist es, bis zum Herbst 2009 mit der Einführung der EnEV 2009 das Verfahren weiter zu entwickeln und in manchen Teilen zu vereinfachen.

Im Abschluss erfolgte ein Vergleich des witterungsbereinigten Energieverbrauchs mit dem normativ ermittelten Energiebedarf.

Die Überbewertung des Anteils Gas (Heizung) lt. Fachliteratur beim ermittelten normativen Energiebedarf nach DIN V 18 599 [2007-02] konnte bestätigt werden.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### 3.5.5.4 DVA

#### Vorgehensweise

Für die Vergleichsstudie wurden zuerst die Nachweisverfahren der 1.-3. WSchVo und der EnEV2002 für das DVA-Gebäude berechnet. Dabei wurden die Gebäudestruktur komplett übernommen, allerdings wurde der Dämmwert der Gebäudehülle soweit abgeändert, bis die Anforderungen der jeweiligen Verordnung um max. 1% unterschritten wird. Die Einhaltung der DIN 4108-2, [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden. Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz;2003-07] Tabelle 3 werden dabei berücksichtigt.

Abbildung 3.5.5.4.-8: Gegenüberstellung der angepassten Dämmeigenschaft der Gebäudehülle in den verschiedenen Meilensteinen der Verordnungen, damit die jeweiligen Anforderung max. um 1 % unterschritten wird:

|                       | 1. WSchVo<br>(1977)            |                    | 2. WSchVo<br>(1982)            |                    | 3. WSchVo<br>(1995)            |                    | EnEV<br>(2002/2004) |                    | EnEV<br>(2007) <sup>4)</sup> |                    |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|
| Gebäudehülle          |                                | W/m <sup>2</sup> K |                                | W/m <sup>2</sup> K |                                | W/m <sup>2</sup> K |                     | W/m <sup>2</sup> K |                              | W/m <sup>2</sup> K |
| Fensterelemente       | k <sub>F</sub>                 | 3,50               | k <sub>F</sub>                 | 2,80               | k <sub>F</sub>                 | 2,20               | U                   | 2,10               | U                            | 1,50               |
|                       | g <sup>2),3)</sup>             | 0,80               | g <sup>2),3)</sup>             | 0,75               | g <sup>2)</sup>                | 0,62               | g                   | 0,60               | g                            | 0,60               |
| opake Außenwand       | k <sub>W</sub>                 | 1,00               | k <sub>W</sub>                 | 0,80               | k <sub>W</sub>                 | 0,40               | U <sub>W</sub>      | 0,35               | U <sub>W</sub>               | 0,30               |
| Dach                  | k <sub>D</sub>                 | 0,60               | k <sub>D</sub>                 | 0,60               | k <sub>D</sub>                 | 0,40               | U <sub>D</sub>      | 0,30               | U <sub>D</sub>               | 0,23               |
| Decke gegen Keller    | k <sub>DL</sub>                | 1,00               | k <sub>DL</sub>                | 0,80               | k <sub>DL</sub>                | 0,75               | U <sub>DL</sub>     | 0,65               | U <sub>DL</sub>              | 0,37               |
| Wärmebrücken-zuschlag | ΔU <sub>WB</sub> <sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub> <sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub> <sup>3)</sup> | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub>    | 0,10               | ΔU <sub>WB</sub>             | 0,10               |

| Formfaktor                 |        | F/V            | 0,339 | A/V           | 0,268 | A/V            | 0,268 | A/Ve           | 0,268 | A/Ve           | 0,268              |
|----------------------------|--------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|--------------------|
| Anforderungen              |        | max            | ist   | max           | ist   | max            | ist   | max            | ist   | max            | ist                |
| $k_m$                      | $H'_T$ | 1,17           | 1,17  | 0,93          | 0,937 | --             | 0,64  | 0,74           | 0,74  | --             | 0,58 <sup>8)</sup> |
| Unter- /<br>Überschreitung |        | <b>- 0,3 %</b> |       | <b>- 0,4%</b> |       | <b>--</b>      |       | <b>0 %</b>     |       | <b>+ 5,0 %</b> |                    |
| $k_{m,W+F}$                |        | 1,80           | 1,85  | --            | --    | --             | --    | --             | --    | --             | --                 |
| Unterschreitung            |        | <b>- 2,7 %</b> |       | <b>--</b>     |       | <b>--</b>      |       | <b>--</b>      |       | <b>--</b>      |                    |
| $Q'_H$                     | $Q'_P$ | --             | --    | --            | --    | 19,6           | 19,7  | 18,1           | 16,8  | 183,9          | 175,90             |
| Unterschreitung            |        | <b>--</b>      |       | <b>--</b>     |       | <b>- 0,2 %</b> |       | <b>- 7,18%</b> |       | <b>- 4,4%</b>  |                    |
|                            |        |                |       |               |       |                |       | Kriterium      |       |                |                    |

Da bis zur EnEV 2007 nur der normal beheizte Bereich ab dem Erdgeschoss für den Wärmeschutznachweis herangezogen wurde, werden in dieser Vergleichsstudie die U-Werte der Bauteile des Untergeschosses unverändert übernommen, d.h. die tatsächlichen Bauteilwerte gehen in die Berechnung mit ein.

In Abbildung 3.5.5.4.-8 sind die wesentlichsten konfigurierten Werte gegenübergestellt. Die Werte in der Spalte EnEV (2007) entsprechen den realen Dämmwerten und des gesamten Gebäudes inkl. den Untergeschossen und sind nur für den Vergleich aufgeführt.

Mit diesen veränderten Kennwerten wurde anschließend der Heizenergie – und Primärenergiebedarf pro Zeitphase nach DIN V 18599 [2007-02] ermittelt, dabei wurden die in Kap.1 festgelegten Zonierungen und normierten Eingabedaten übernommen.

Für die TGA-Anlage wurden die vorliegenden TGA-Anlagen des jeweiligen Jahres aus dem Softwareprogramm IPB18599 (Version 2.8.0.239) entnommen. Siehe hierzu nachfolgende Abbildung 3.5.5.4.-9.

Abbildung 3.5.5.4.-9: Gegenüberstellung der geänderten TGA-Anlagen in den verschiedenen Meilensteinen der Verordnungen:

|                    | 1. WSchVo<br>(1977)                     | 2. WSchVo<br>(1984)                     | 3. WSchVo<br>(1995)                     | EnEV<br>(2002/2004)                     | EnEV<br>(2007) <sup>4)</sup>         |
|--------------------|---|---|---|---|--------------------------------------|
| <b>TGA-Anlagen</b> |   |   |   |   |                                      |
| Heizung            | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1978    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1984    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 1995    | NT-Kessel <sup>6)</sup><br>Jahr 2002    | Fernwärme <sup>6)</sup><br>Jahr 2006 |
| Klima              | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Kompaktklima<br>gerät (Server)       |
| Lüftung            | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | reine Abluft-<br>anlage (WC)         |
| Beleuchtung        | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | Referenzgeb.<br>EnEV 2007 <sup>7)</sup> | gem.<br>Fachplanung                  |

- 8) Fußnote entfällt
- 9) ohne Einheit, teils g<sub>l</sub>
- 10) Angabe nur für Berechnung EnEV2007 erforderlich
- 11) Ist-Daten: Dämmung der Gebäudehülle sowie TGA-Anlage, ges. Gebäude inkl. UG → für Vergleich der Vospalten
- 12) Fußnote entfällt
- 13) NT = Niedertemperaturkessel, Inputdaten aus Softwareprogramm IBP 18599, Heilmann
- 14) Klima des Serverraums geringfügig, Belüftung: WC-Anlage
- 15) H<sub>T</sub> nur oberirdischer Bereich – zum Vergleich zu Vospalten
- 16) H<sub>T</sub> für gesamtes Gebäude (ober- und unterirdisch) - tatsächliche Anforderung/Istwert

### Ergebnis der Vergleichsstudie- Energiestandard

Die gebäudespezifischen Meilensteine des Energiestandards des DVA Gebäudes werden in nachfolgender Abbildung 3.5.5.4.-10 analog der Abbildung 3.5.5.4.- 7: „Meilenstein des Energiesparens (für Wohngebäude) (Quelle: Fraunhofer - IBP)“ grafisch gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Primärenergiebedarf „Heizung“ ist der Gesamt-Primärenergiebedarf“ aufgeführt. Dieser setzt sich aus dem ermittelten Primärenergiebedarf „Heizung“ pro Verordnungsphase und dem  $\Delta$ -Betrag = 70,3 W/(m<sup>2</sup>xa) für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung des Referenzgebäudes EnEV 2007 zusammen. Der Gesamt-Primärenergiebedarf ist als Orientierung aufgeführt, da schlussendlich nur dieser als Anforderung lt. EnEV 2007 zu erfüllen ist.

Weiterhin sind die jeweiligen Ist- Werte des DVA's für Primärenergiebedarf „Heizung“ und „gesamt“ (Kap. 3.5.3.2) dargestellt, im Gültigkeitsjahr der EnEV 2007 sowie im Sanierungsjahr 2005/2006.

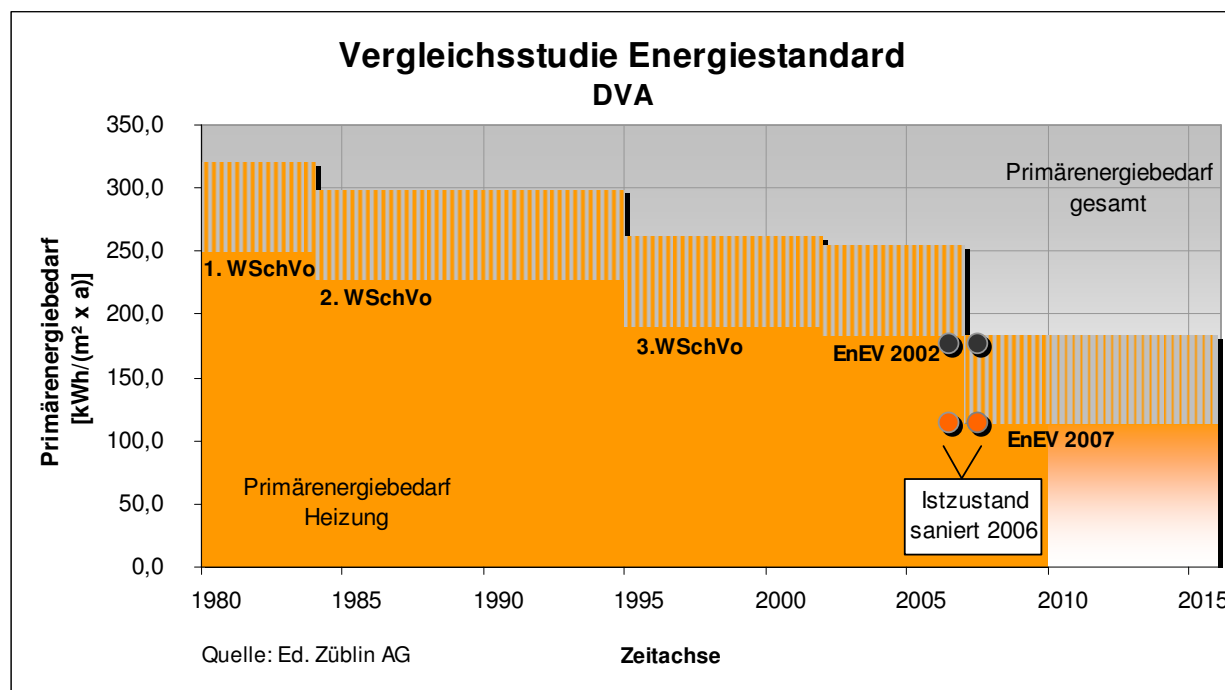


Abbildung 3.5.5.4.- 10:Vergleichsstudie Energiestandard - Nichtwohngebäude, Bsp. DVA

Der Vergleich der beiden Grafiken (Abbildungen 3.5.5.4.-7 und -10) zeigt, dass

- der Primärenergiebedarf „Heizung“ des DVA's im Jahr 1980 ( $\sim 250 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ ) knapp unter dem Wert laut Fraunhofer Institut für Wohngebäude ( $\sim 260 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ ) liegt,
- jedoch im Jahr 2007 der Primärenergiebedarf „Heizung“ des DVA's mit  $\sim 160 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$  den Orientierungswert für Wohngebäude ( $\sim 100 - 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \times \text{a})$ ) überschreitet.

Die absolute Ursache hierfür kann nicht nachvollzogen werden, da die Berechnungsgrundlagen für die Ermittlung des Primärenergiebedarfs „Heizung“ – Wohngebäude des Fraunhofer Instituts als Vergleich nicht vorliegen.

Ein Grund kann sein, dass bis zur 3. WSchVo keine unterschiedlichen Grenzwerte für Wohn- und Nichtwohngebäude angesetzt und erst seit Einführung der EnEV 2002 die Anforderungswerte zwischen Wohngebäude und Nichtwohngebäude differenziert wurden. Seit



EnEV 2002 unterliegen die Wohngebäude in der Regel bei gleichem Formfaktor  $A/V_e$  einem schärferem Anforderungsprofil.

Die publizierten Verbesserungspotentiale des Primärenergiebedarfs „Heizung“ von - 30% zwischen 2 Verordnungen können für das Gebäude DVA nicht bestätigt werden.

Die Verbesserungspotentiale liegen:

- zwischen 1. / 2. WSchVo sowie 3. WSchVO / EnEV 2002 bei 9 und 4 %
- zwischen 2. WSchVo / 3. WSchVo sowie EnEV 2002 / EnEV 2007 bei 16 und 38 %.

Beim Gesamt-Primärenergiebedarf“ sinken die Prozentwerte auf 8 bis 3 % und 15 bis 34 % ab. Dies liegt am gleichen  $\Delta$ -Betrag =  $70,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ xa})$  für Kühlung, Lüftung und Beleuchtung in allen Zeitphasen. Beim Einsetzen realer Kennwerte aus jeder Zeitepoche könnten sich die Verbesserungspotentiale beim Gesamt-Primärenergiebedarfs nach oben oder unten verändern. Aufgrund fehlender verifizierter Ausgangsdaten ist dies jedoch nicht möglich. Daher wurden für alle Zeitepochen die verhältnismäßig schlechten Werte des Referenzgebäudes (EnEV 2007) eingesetzt.

Zu beachten ist, dass beim Istwert eine Fernwärme für die Heizung vorliegt, während bei den Referenzwerten aller Verordnungen ein Niedertemperaturkessel angesetzt ist.

### Vergleich der tatsächlichen Verbrauchs-Energiekennwerte mit normativen Energiekennwerten nach EnEV 2007

#### *Einführung*

Die ermittelten, normativen Energiebedarfswerte nach DIN V 18599 [2007-02] sind nicht mit den tatsächlichen verbraucherabhängigen Energieverbrauchswerten gleichzusetzen.

Dies trifft besonders bei Nichtwohngebäuden zu, da beim EnEV-Nachweis die hohen Stromverbräuche wie EDV-Anlagen oder der Stromverbrauch der Beleuchtung in nichtbeheizter Zonen vernachlässigt werden.

In Kapitel diesem wurden die witterungsbereinigten Energieverbräuche des DVA's ermittelt. Die Energieverbräuche wurden aus den Verbrauchskennzahlen der Jahre Sept. 2006-August 2008 der jeweiligen Energieversorger entnommen.

Die Energie Heizung konnte 1:1 für den Heizenergieverbrauch übernommen werden, dagegen mussten die jeweiligen Anteile des Stromverbrauchs für Kälte, Lüftung, Beleuchtung, Aufzug etc. rechnerisch ermittelt bzw. mit Hilfe von Strommessungen festgelegt werden

Im nachfolgendem Kapiteln werden die einzelnen Energieanteile des normativ ermittelten Energiebedarfs und des tatsächlich, bereinigten Energieverbrauchs verglichen.

### Ergebnis des Vergleichs

Ein Vergleich zwischen Ist-Verbrauch und normativ ermitteltem Energiebedarf ist hier nur bedingt möglich, da das DVA nicht vollständig vermietet ist.

Während beim normativ ermittelten Energiebedarf nach EnEV 2007 sämtliche möglichen Mietflächen berücksichtigt werden, sind bei den Ist-Energieverbräuchen die Kennwerte für die nichtvermieteten 3. und 4. Obergeschosse nicht enthalten.

Trotz der fehlenden Werte für diese Geschosse können folgende Aussagen getätigt werden:

- der Endenergiebedarf Heizung laut EnEV 2007 wird über- und der Stromverbrauch unterbewertet
- der Gesamtenergieverbrauch und Gesamtenergiebedarf gleichen sich bei der Primärenergie wieder an. Grund ist der höher angesetzte Primärenergiefaktor von Strom ( $f_p=2,7$ ) als für die Energie Fernwärme ( $f_p=0,7$ ).
- Prozentuale Abweichungen zwischen Energieverbrauch und Energiebedarf können aufgrund der fehlenden Kenndaten (3.+4. OG) nicht absolut festgelegt werden.

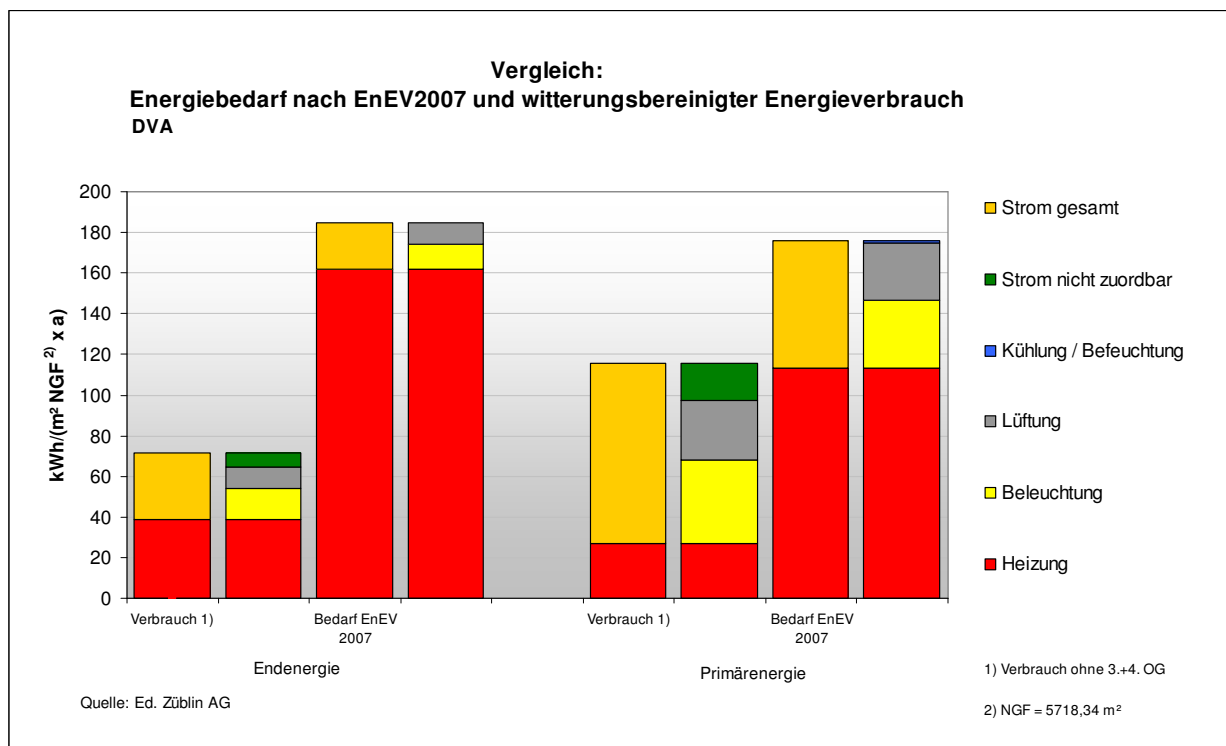


Abbildung 3.5.5.4- 11: Vergleich des normativen Energiebedarfs mit witterungsbereinigtem Energieverbrauch

Gegenüberstellung der Ökobilanzen aus Basiswerten der normativen Energiekennwerte nach EnEV 2007

*Einführung*

In den Steckbriefen 1-5, 10 und 11 der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) werden für die Ökologischen Bewertungen der Gebäude gebäudespezifische Ökobilanzierungen durchgeführt.

Ein wesentlicher Bestandteil der Ökobilanzierung sind die Wirkungsbilanzen aus dem Betrieb  $N$  und  $N_{ref}$  während der Nutzungsphase, die aus dem ermittelten Endenergiebedarf (Ist- und Referenzwert) nach EnEV2007 abgeleitet werden.

Die Ökobilanzierungen setzt sich dabei im wesentlichen aus den Komponenten

Baustoffwerten  $K$  (Herstellung, Instandhaltung, Entsorgung) sowie

Betrieb  $N$  (Energie in Nutzungsphase)

zusammen.

Die Punktebewertung erfolgt in den meisten Steckbriefen (1-5, 10+11) aus dem Verhältnis:

Summe der ökologischen Istwerte der Baukonstruktion, TGA und des Betriebs  
zur Summe der dazugehörigen Referenzwerten.

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder:

$$f = \frac{K + N}{K_{ref} + N_{ref}}$$

$$f_{unten} \leq f \leq f_{oben}$$

Dabei gilt:

$K$  = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik

als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

**$N$  = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes, abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV**

***Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel***

$K_{ref}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

*einzig fix festgelegte Referenzwert*

**$N_{ref}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung**

***Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel***

In Kap. 3.6. „Ökobilanzierung Baustoffe“ wird näher auf die Ökobilanzierung des Züblinhauses eingegangen.

Als Grundlage sind die ermittelten Wirkungsbilanzen der Nutzungsphase  $N$ , abgeleitet aus der o.g. EnEV – Berechnung, erforderlich.

Die Ergebnisse der prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb  $N$  sind in nachfolgenden Abschnitt: Wirkungsbilanzen im Betrieb  $N$  (Basis EnEV2007) aufgeführt.

**Ergebnis: Wirkungsbilanzen im Betrieb  $N$  (Basis EnEV2007)**

In nachfolgender Abbildung 3.5.5.4.-12 sind entsprechend den Steckbriefen 1-5, 10+11 (Version Dez. 2008) die prognostizierten Wirkungsbilanzen für den Betrieb  $N$  des DVA-Gebäudes abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV in 50 Jahren Gebäudenutzung, aufgeführt.

Die dazugehörigen, gebäudespezifischen Referenzwerte  $N_{ref}$ , gemäß o. g. Steckbriefe, werden in der Abbildung als Vergleich gegenübergestellt.

|   |                       | Bezugsdaten für Ökobilanzierung |              |              |                    | Nutzung über Gesamtdauer                  |                   |                   |               |               |              |              |
|---|-----------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------------|---|-------------------|-------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|   |                       | Faktor Lebenserwartung          |              | Bauteilmenge |                    | Kriteriensteckbrief des DGNB laufende Nr. |                   |                   |               |               |              |              |
|   |                       | Betrachtungsz Zeitraum in a     |              | m2           |                    | 10  | 11                | .01               | .02           | .04           | .05          | .03          |
|   |                       | NGF laut EnEV Nachweis          |              | 5718,38      |                    |   |                   |                   |               |               |              |              |
| 1   | Heizwärme             | 925.008                         | 161,8        | 50           | 166.501.512        | 166965734                                 | 107.952           | 10.886.135        | 1,92E-02      | 11.446,43     | 1.318,77     | 1.121,54     |
| 2   | Strom für Kälte       | 2.333                           | 0,4          | 50           | 419.994            | 1289032                                   | 64.784            | 82.575            | 1,38E-02      | 141,16        | 10,83        | 9,54         |
| 3   | Strom für Beleuchtung | 70.945                          | 12,4         | 50           | 12.770.046         | 39193400                                  | 1.969.780         | 2.510.733         | 4,15E-01      | 4.292,15      | 329,18       | 290,16       |
| 4   | Strom für RLT         | 59.015                          | 10,3         | 50           | 10.622.646         | 32602671                                  | 1.638.543         | 2.088.530         | 3,45E-01      | 3.570,39      | 273,83       | 241,37       |
| <b>Summe Nutzung "Ausführung"</b>                       |                       | <b>1.057.301</b>                | <b>184,9</b> |              | <b>190.314.198</b> | <b>240.050.836</b>                        | <b>3.781.059</b>  | <b>15.667.974</b> | <b>8,E-01</b> | <b>19.450</b> | <b>1.933</b> | <b>1.663</b> |
| <b>Endenergie lt. EnEV-Berechnung - Referenzgebäude</b> |                       |                                 |              |              |                    | <b>66.187.671</b>                         | <b>67.631.618</b> | <b>15.385.717</b> | <b>0,E+00</b> | <b>23.346</b> | <b>1.768</b> | <b>0</b>     |
|   |                       | <b>800.214</b>                  | <b>139,9</b> |              | <b>40.010.700</b>  | <b>56.259.520</b>                         | <b>57.486.875</b> | <b>13.077.859</b> | <b>0</b>      | <b>19.844</b> | <b>1.503</b> | <b>0</b>     |
|   |                       |                                 |              | 85% lt. DGNB |                    |   |                   |                   |               |               |              |              |

Abbildung 3.5.5.4- 12: Ökobilanzierung „Phase Nutzung“ auf Basis Stb 1-5, 10+11 des DGNB (Version Dez. 2008) in 50 a

In der Abbildung 3.5.5.4.-13 sind die prozentualen Abweichungen der einzelnen Wirkungsbilanzen  $N$  und  $N_{ref}$  für den Betrieb gegenübergestellt.

Der Vergleich in Abbildung 3.5.5.4.-13 ist als erste Einschätzung innerhalb der Betriebsphase (Energie) zu sehen und ist nicht mit dem oben beschriebenen Verhältnis  $f$  nach DGNB gleichzusetzen, da der Anteil der Baustoffe unberücksichtigt bleibt.

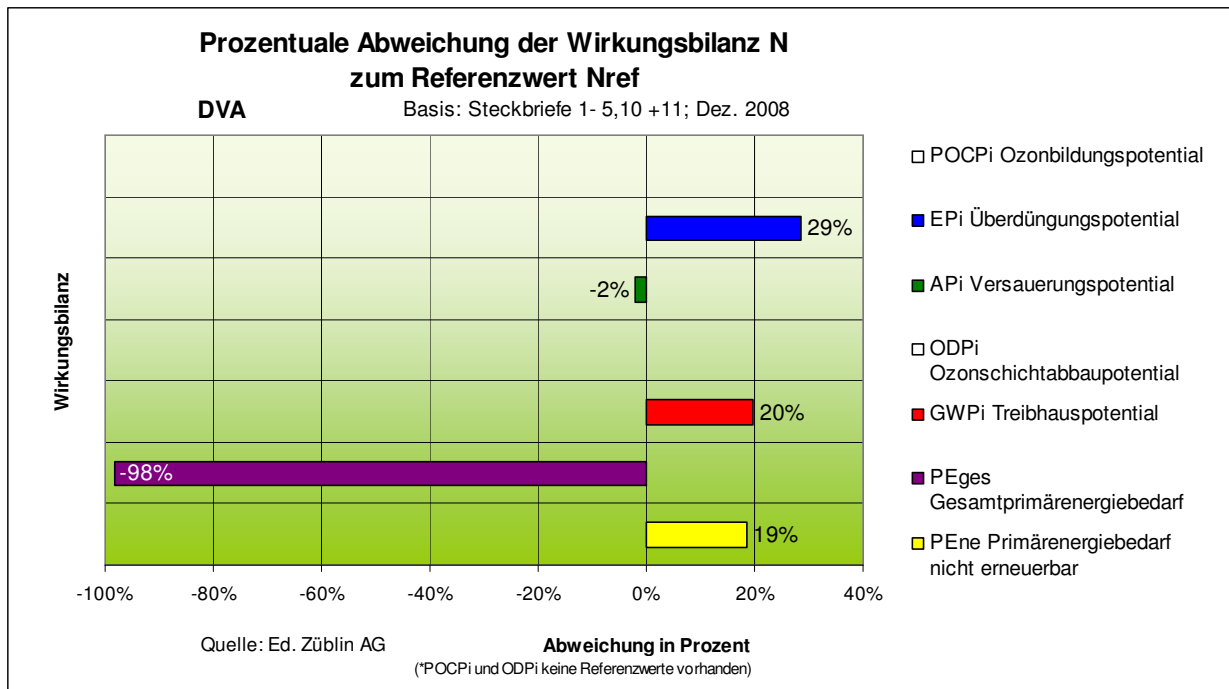


Abbildung 3.5.5.4- 13: Prozentuale Abweichung der Wirkungsbilanzen – Phase Nutzung

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die Ist-Werte im Gegensatz zu Z-Zwo in fast allen Steckbriefen überschritten werden.

Die Über- und Unterschreitung der Referenzwerte liegt zwischen ca. + 29 und - 2 %. Beim Gesamtenergiebedarf liegt eine Unterschreitung um ca. - 98% vor.

Lt. Angaben des DGNB werden Referenzwerte (Version Dez. 2008) künftig wesentlich verschärft werden.

### Fazit

Das Nichtwohngebäude DVA, Stuttgart wurde im Jahre 1957 erstellt und 2005/2006 umfassend saniert.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gebäudes gab es noch keine zu beachtende Wärmeschutzverordnung.

Die Sanierung des Gebäudes im Jahre 2005/2006 unterlag bei der Nachweisführung der EnEV 2002/2004. Gemäß dieser Energieeinsparverordnung wurde das Bauteilverfahren gem. §8 Abs 1 EnEV 2004 gewählt.

Im Verlauf dieser Studie wurde das Gebäude nach der heute gültigen EnEV 2007 berechnet.

Die Auswertungen ergaben, dass das Gebäude als betrachteter Neubau die Grenzwerte des Primärenergiebedarfes nach den heutigen Vorgaben erfüllt. Der zulässige Primärenergiebedarf wird nach der EnEV 2007 um 1,4 % unterschritten.

Der zulässige Transmissionswärmetransferkoeffizient  $H_T$  dagegen wurde in der Anforderung als Neubau um 5% überschritten, als Bestandsgebäude betrachtet um 25% unterschritten.

Da für das Gebäude gem. EnEV 2002 Abs.3 §8 eigentlich die Anforderungen als Gebäudebestand gelten, werden die Grenzwerte für den Primärenergiebedarf und der Transmissionswärmeverlust um 140% erhöht. Der tatsächliche Primärenergiebedarf würde dann um 29,5% unterschritten werden.

Bei alleiniger Betrachtung des Endenergiebedarfs wären die Anforderungen des Referenzgebäudes nicht eingehalten worden. Durch den Ansatz des Primärenergiefaktors  $f_p$  in Höhe von 0,7 für die Beheizung durch Fernwärme werden die zulässigen Grenzwerte eingehalten. Nur im Bereich der Kühlung werden die Grenzwert leicht überschritten.

Eine bundesweite Studie für den Vergleich des normativen Energiebedarf mit bau- und zeitgleichen Gebäuden liegt leider zur Zeit nicht vor.

Einen Vergleich und eine Einstufung des Gebäudes ist daher nicht möglich.

Ebenso konnte eines der Ziele, Richtwerte für einzelne Zonen zu bekommen, leider nicht umgesetzt werden. Die Ergebnisse von den einzelnen Zonen sind stark abhängig von den Orientierungen, eingebauten Beleuchtungen und zonenbedingte Nutzungsprofilen, so dass eine Richtungsweisende Einschätzung nicht klar gegeben werden kann.

Die Energieeinsparverordnung 2009 wird voraussichtlich im Oktober 2009 in Kraft treten und auch die nächste EnEV 2012 ist derzeit schon im Gespräch. Das Ziel und die Vorgaben sind eine jeweils 30% Verschärfung gegenüber der EnEV 2007 zu erreichen.

In wieweit die hier publizierten Verbesserungspotentiale von 30% tatsächlich für Nichtwohngebäude übertragbar sind, ist nirgendwo dokumentiert und verifiziert. Aus diesem Grund wurde für das DVA die gebäudespezifischen Meilensteine des Energiestandards von 1. WSchVo bis EnEV 2007 ermittelt. Die publizierten Verbesserungspotentiale von 30 % sind für das DVA bedingt übertragbar.

Mit der Einführung der EnEV 2007 wurde die neue Bilanzierungsmethode nach der DIN V 18599 eingeführt. Da diese Norm sich noch in der Erprobungsphase befindet, stecken in dieser Berechnungsmethode noch einige „Kinderkrankheiten“. Eine exakte Nachweisführung ist durch diverse Auslegungsmöglichkeiten, Fehlen von einzelnen TGA –Kombinationen, teilweise Unsicherheiten und mangelnde Erfahrung hinsichtlich der Anwendbarkeit dieser Norm in manchen Teilen erschwert bzw. nicht immer nachvollziehbar. Ein gewisser Spielraum in den einzelnen Ergebnissen ist somit laut Normenausschuss momentan vertretbar.

Ziel des Normenausschusses und der Regierung ist es, bis zum Herbst 2009 mit der Einführung der EnEV 2009 das Verfahren weiter zu entwickeln und in manchen Teilen zu vereinfachen.

Im Abschluss erfolgte ein Vergleich des witterungsbereinigten Energieverbrauchs mit dem normativ ermittelten Energiebedarf.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**



## **3.6 Ökobilanzierung**

### **3.6.1 Allgemeine Grundlagen der Untersuchung**

#### Einleitung

Das Bauwesen befindet sich im Umdenkungsprozess, künftig sollen die baulichen Strukturen verstärkt in ökologischer, ökonomischer, sozialer und technischer Qualität über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes beurteilt und optimiert werden.

Dabei wird das Ziel verfolgt „Ressourcen zu schonen und schädliche Wirkungen auf Mensch und Gesellschaft zu minimieren“ [Zitat: Graubner, C.-A.: Forschungsbericht F08-08-2008: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Züblinhauses in Stuttgart; 2008, S.5].

Um die Forschungsprojekte in ökologischer Hinsicht beurteilen zu können, wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt eine ökologische Untersuchung mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach [DIN EN ISO 14040:2006-10] und [DIN EN ISO 14044:2006-10] für alle Forschungsprojekte in der REG - Phase I zu erstellen.

Ergänzend hierzu hat das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt die ökologischen Wirkungen der einzelnen Bauteilschichten von 10 ausgewählten Bauteilen aus allen drei Züblin - Forschungsprojekten prozentual beziffert.

Aufbauend auf den Ergebnissen des Institutes für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt (siehe Anlage 1 und 2) hat die Firma Ed. Züblin AG weitere Auswertungen aus dem Blickwinkel eines Generalunternehmers durchgeführt sowie Bewertungsschemen entwickelt, um die Gebäude ganzheitlich beurteilen zu können. Die Ziele sind in Nr. 1.1.5 definiert.

#### Methode

Die Ökobilanzierung erfolgt nach DIN EN ISO 14040 [2006-10] und DIN EN ISO 14044 [2006-10].

Die Methode enthält folgende Schritte:

1. Festlegung und Ziel des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Die einzelnen Arbeitsschritte beeinflussen sich gegenseitig und können nicht getrennt voneinander betrachtet werden.

[Methode und ihre Umsetzung siehe: TU Darmstadt: Forschungsbericht F08-08-2008: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Züblinhauses in Stuttgart; 2008, Nr. 1.2 sowie 1.4].

### Kriterien

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden die potenziellen Umweltwirkungen des Gesamtgebäudes, analog den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB (Version Dezember 2008) ermittelt und analysiert.

| Kriterium  | Kürzel           | Referenz-<br>einheit                     | Effekt <sup>1)</sup><br>[PE International: Workshop DGNB Pilotzertifizierung<br>„Ökologische Qualität“, 2008-11-07]  | Kriterien-<br>steckbrief lt.<br>DGNB<br>(Dez.2008) |
|--|------------------|--|--|--|
| Treibhauspotential   | GWP              | [kg CO <sub>2</sub> -Äqu.]               | zunehmende Erwärmung der Troposphäre durch anthropogene Treibhausgase, z.B. durch Verbrennung fossiler Brennstoffe.  | 1  |
| Ozonschicht-<br>abbaupotential bzw.<br>-zerstörungspotential | ODP              | [kg R <sub>11</sub> -Äqu.]               | Verringerung der Ozonkonzentration in der Stratosphäre durch Emissionen wie Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKWs).  | 2  |
| Ozonbildungspotenzial  | POCP             | [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu.] | Bildung von bodennahem Ozon unter Einfluss von Sonnenlicht durch photochemische Reaktion von Stickoxiden mit Kohlenwasserstoffen und flüchtigen organischen Stoffen (VOC).   | 3  |
| Versauerungspotential  | AP               | [kg SO <sub>2</sub> -Äqu.]               | Verringerung des pH-Wertes des Niederschlagwassers durch die Auswaschung von säurebildenden Gasen, z.B. Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ) und Stickoxide (NO <sub>x</sub> ). | 4  |
| Eutrophierungs-<br>potential                                 | EP               | [kg PO <sub>4</sub> -Äqu.]               | Übermäßiger Nährstoffeintrag in Gewässer und auf Landgebiete durch Substanzen wie Phosphor und Stickstoff aus Landwirtschaft, Verbrennungsvorgängen und aus Abwässern.       | 5  |
| Primärenergie<br>nicht erneuerbar                            | PE <sub>ne</sub> | [MJ] bzw.<br>[kWh]                       | Primärenergie nicht erneuerbar als Maß für den Verbrauch fossiler Energieträger (Erdöl, Erdgas, Steinkohle, Braunkohle sowie Uran) und damit für die Verknappung.            | 10   |
| Primärenergie<br>erneuerbar                                  | PE <sub>e</sub>  | [MJ] bzw.<br>[kWh]                       | Primärenergie erneuerbar als Maß für die Nutzung erneuerbarer Energien (Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Solarenergie).   | 11   |

1) weitere Erläuterung im Forschungsbericht F08-08-2008 der TU Darmstadt: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Züblinhauses in Stuttgart; 2008, S.7-8, (Anlage 1)

*Grenz- und Zielwertberechnung der ökologischen Kriteriensteckbriefe:*

Die Punktebewertung wird in den meisten Steckbriefen (1-5, 10+11) aus dem Verhältnis

Summe der ökologischen Istwerte der Baukonstruktion, TGA und des Betriebs  
zur Summe der dazugehörigen Referenzwerten

gebildet.

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

Dabei gilt:

K = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik

als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

N = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes, abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{\text{ref}}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

*einzig fix festgelegte Referenzwert*

$N_{\text{ref}}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

Die Ober- und Untergrenze  $f_{\text{unten}}$  und  $f_{\text{oben}}$  sind pro Kriteriumsteckbrief unterschiedlich. Sie definieren die Grenz- und Zielwerte und bestimmen die Mindest- bzw. Maximalpunktzahl. Je kleiner das Verhältnis  $f$ , desto höher ist die zu erreichende Punktzahl.

### Gewichtung der Ökologischen Qualität nach der Bewertungsmatrix der DGNB

Das Deutsche Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen bewertet die Gebäudequalität nach den in der Abbildung 3.6.1-1 dargestellten Themenfelder.

Die Ökologische, Ökonomische, Soziale und die Technische Qualität fließen mit je 22,5 % Gewichtungsanteil sowie die Prozessqualität mit 10 % Gewichtungsanteil in die Gesamtbenotung ein.

Die Standort Qualität wird einzeln betrachtet und bewertet, in die Gesamtnote fließt sie nicht ein.

Die Bewertung der Gebäudequalität erfolgt auf Basis von derzeit 43 festgelegten Kriteriensteckbriefen, die Standortqualität wird mit 6 Kriteriensteckbriefen beschrieben.

[Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Auflage 03/2009, S. 11]

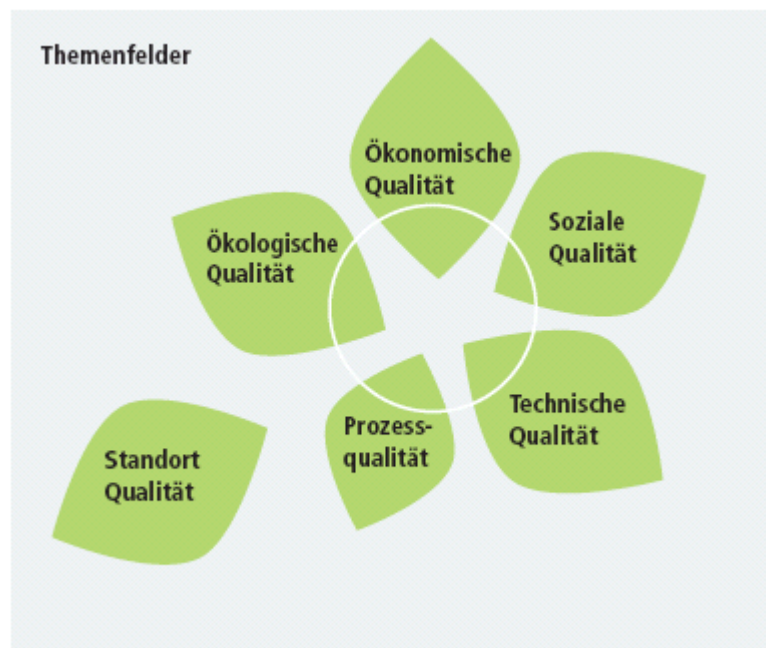


Abbildung: 3.6.1.- 1: Die fünf Themenfelder bei der Bewertung der Gebäudequalität nach dem Gütesiegel der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Auflage 03/2009, S. 08]

Die Bewertung der ökologischen Qualität setzt sich aus 12 Kriteriensteckbriefen zusammen, die gemeinsam wie oben beschrieben mit 22,5 % in die Gesamtnote einfließen (Abbildung 3.6.1.-2). Jede dieser Kriteriensteckbriefe trägt jedoch einen anderen Gewichtungsanteil zur Gesamtnote ein.

## BEWERTUNGSMATRIX: NEUBAU BÜRO UND VERWALTUNG, VERSION 2008

| Hauptkriterien-<br>gruppe    | Kriterien-<br>gruppe  | Nr.                    | Kriterium   | Punkte Kriterium |                 | Bedeutungs-<br>faktor | Punkte gewichtet |                 | Erfüllungs-<br>grad | Punkte Gruppe |                 | Erfüllungs-<br>grad G up | Gewich-<br>tung<br>Gruppe | Gesam-<br>erfüllungs-<br>grad |
|------------------------------|---|------------------------|---|------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------------|
|                              |   |                        |   | Ist              | max.<br>möglich |                       | Ist              | max.<br>möglich |                     | Ist           | max.<br>möglich |                          |                           |                               |
| Ökologische<br>Qualität      | Wirkungen auf<br>die globale und<br>lokale Umwelt               | 1                      | Treibhauspotenzial (GWP)  | 10,0             | 10              | 3                     | 30               | 30              | 100%                | 13,5          | 195             | 89%                      | 22,5%                     |                               |
|                              |   | 2                      | Ozonschichtabbaupotenzial (ODP)                                 | 10,0             | 10              | 0,5                   | 5                | 5               | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 3                      | Ozonbildungspotenzial (POCP)                                    | 10,0             | 10              | 0,5                   | 5                | 5               | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 4                      | Versauerungspotenzial (AP)                                      | 10,0             | 10              | 1                     | 10               | 10              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 5                      | Überdüngungspotenzial (EP)                                      | 7,1              | 10              | 1                     | 7,1              | 10              | 71%                 |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 6                      | Risiken für die lokale Umwelt                                   | 8,2              | 10              |                       | 24               | 30              | 82%                 |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 8                      | Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt                       | 10,0             | 10              | 1                     | 0                | 0               | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 9                      | Mikroklima  | 10,0             | 10              | 0,5                   | 5                | 5               | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 10                     | Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf                          | 10,0             | 10              | 3                     | 30               | 30              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              | Ressourcen-<br>Inanspruch-<br>nahme und<br>Abfallauf-<br>kommen | 11                     | Gesamtprimärenergiebedarf und Anteil erneuerbarer Primärenergie | 8,4              | 10              | 2                     | 17               | 20              | 84%                 |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 14                     | Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen                         | 5,0              | 10              | 2                     | 10               | 20              | 50%                 |               |                 |                          |                           |                               |
| 15                           |   | Flächeninanspruchnahme | 10,0  | 10               | 2               | 20                    | 20               | 100%            |                     |               |                 |                          |                           |                               |
| Ökonomische<br>Qualität      |   | 16                     | Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus                          | 9,0              | 10              | 3                     | 27               | 30              | 90%                 | 47            | 50              | 94%                      | 22,5%                     |                               |
|                              |   | 17                     | Wertstabilität  | 10,0             | 10              | 2                     | 20               | 20              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
| Gesundheit,<br>Behaglichkeit | Gesundheit,<br>Behaglichkeit                                    | 18                     | Themischer Komfort im Winter                                    | 10,0             | 10              | 2                     | 20               | 20              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 19                     | Themischer Komfort im Sommer                                    | 10,0             | 10              | 3                     | 30               | 30              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 20                     | Innenraumhygiene  | 10,0             | 10              | 3                     | 30               | 30              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |
|                              |   | 21                     | Akustischer Komfort   | 10,0             | 10              | 1                     | 10               | 10              | 100%                |               |                 |                          |                           |                               |

Abbildung: 3.6.1.- 2: Auszug aus der Bewertungsmatrix der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) [Quelle: Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Auflage 03/2009, S. 11]

Von diesen 12 Kriteriensteckbriefen sind 7 für die Bewertung der Ökobilanzierung verantwortlich. Dies sind die Kriteriensteckbriefe 1-5 und 10+11. Deren Gewichtungsanteil trägt insgesamt 12,69% zur Gesamtnote bei (siehe hierzu Abbildung 3.6.1.-3).

Im Kreisdiagramm in Abbildung 3.6.1.-4 sind die Gewichtungsschwerpunkte innerhalb der 7 Kriteriensteckbriefe dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass die Kriteriensteckbriefe unterschiedlich gewichtet werden.

Das Treibhauspotential GWP, der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar  $PE_{ne}$  sowie erneuerbar  $PE_e$  nehmen fast 75 % Gewichtsanteil innerhalb der Kriteriensteckbriefe 1-5, 10+11 ein. Die restlichen ~ 25 % setzen sich aus dem Ozonschichtabbaupotenzial ODP, dem Ozonbildungspotenzial POCP, dem Versauerungspotenzial AP und dem Euthropierungspotenzial EP zusammen.

| Ökologische Qualität  | Wirkungen auf die globale und lokale Umwelt   | 1   | Treibhauspotenzial (GWP)                                 | 3,46%  | } | 6,92%  | 3,46% |
|---|---|-----|--|--------|---|--------|-------|
|   |   | 2   | Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)                    | 0,58%  |   |        |       |
|   |   | 3   | Ozonbildungspotenzial (POCP)                             | 0,58%  |   |        |       |
|   |   | 4   | Versauerungspotenzial (AP)                               | 1,15%  |   |        |       |
|   |   | 5   | Überdüngungspotenzial (EP)                               | 1,15%  |   |        |       |
|   |   | 6   | Risiken für die lokale Umwelt                            | 3,46%  |   |        |       |
|   |   | 8   | Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt                | 1,15%  |   |        |       |
|   |   | 9   | Mikroklima   | 0,58%  |   |        |       |
|   | Ressourceninanspruchnahme und Abfallaufkommen | 10  | Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE <sub>ne</sub> ) | 3,46%  | } | 5,77%  | 3,46% |
|   |   | 11  | Primärenergiebedarf erneuerbar (PE <sub>e</sub> )        | 2,31%  |   |        |       |
|   |   | 14* | Frischwasserverbrauch Nutzungsphase                      | 2,31%  |   |        | 2,31% |
|   |   | 15  | Flächeninanspruchnahme                                   | 2,31%  |   |        |       |
|   |   |     |  | 22,50% |   | 12,69% | 9,23% |
| Gewichtungsanteil lt. Bewertungsmatrix des Gütesiegels des DGNB |   |     |  |        |   |        |       |

Abbildung: 3.6.1.- 3: Gewichtungsanteil lt. Bewertungsmatrix des Gütesiegels des DGNB [Quelle: Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Auflage 03/2009, S. 11]

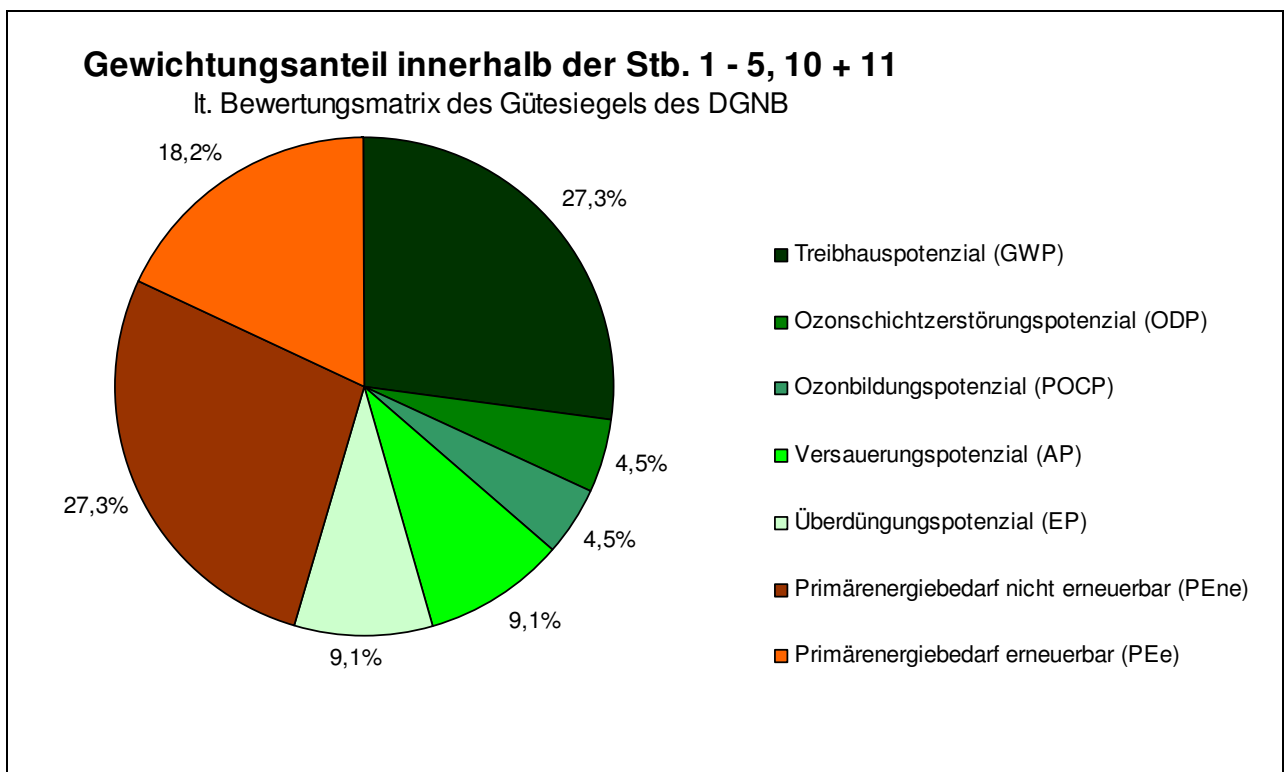


Abbildung: 3.6.1.- 4: Gewichtungsanteil innerhalb der Kriterien-Steckbriefe 1-5,10+11 [Quelle: Das Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen, Auflage 03/2009, S. 11]

Ozonschichtabbaupotential = Ozonschichtzerstörungspotenzial

Überdüngungspotenzial = Eutrophierungspotenzial

### Systemgrenzen

Die Systemgrenzen der ökologischen Bilanzierung stützen sich auf die in den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 (Version Dezember 2008) festgelegten Systemgrenzen:

- Räumliche Systemgrenze:

Gebäudeaußenkante des Gebäudes mit sämtlichem vorhandenen baukonstruktiven Gebäudeelementen. Die Untergeschosse, inkl. Tiefgarageebenen werden ebenfalls in die Systemgrenze eingeschlossen.

- Anzahl der Bauteile:

Die Anzahl der Bauteile bewegt sich zwischen 25 und 30.

Die ausgewählten Bauteile sollen die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie die voraussichtlichen Teile der vom Gebäude ausgehenden Umweltwirkungen abdecken

Die Flächen von Bauteilen, die nicht bei den definierten 25 bis 30 Bauteilen aufgeführt sind, werden ähnlichen Bauteilaufbauten zugeordnet.

- Referenznutzungszeit/Betrachtungszeitraum  $t_d$ :

50 Jahre

- Phasenbetrachtungen:

Erstellung des Gebäudes wie gebaut, Instandhaltung über Referenznutzungszeit  $t_d$  sowie Entsorgung/Recycling/Verwertung der erstellten und ausgetauschten Bauteile und Produkte mit den passenden End-of-Life Datensätze der Ökobaut.dat (Dezember 2008).

Produkte und Aufwendungen, die sich nur auf den Baustellenbetrieb beziehen, sind nicht berücksichtigt, ebenfalls Transporte, diese werden in der Zertifizierungs-Pilotphase vernachlässigt.

- Betrieb N:

Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV.

- Funktionelle Einheit:

1 m<sup>2</sup> NGF \* a des Lebenszyklus des Gebäudes

Siehe weitere Erläuterungen im Forschungsbericht F08-08-2008 der TU Darmstadt: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Züblinhaus in Stuttgart; 2008, Nr.1, (siehe Anlage 1).

### Ziele

Das Hauptziel ist, die unterschiedlichen, ökologischen Einflüsse der einzelnen Gewerke und Bauteilschichten in Abhängigkeit Ihre Baustoffmassenanteile festzustellen, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht zu finden.

Folgende Arbeitsschritte werden verfolgt:

- Ermittlung der Baustoffmengen und ihrer Gewichtungsanteile zur Gesamtbaustoffmasse des Gebäudes
- Gliederung der Baustoffe nach Gewerken bzw. Hauptmaterialgruppen
- Auswertung der vom Institut Massivbau der Technischen Universität Darmstadt ermittelten Ökobilanzierungen
- Feststellung der ökologischen Gewichtungsanteile pro Bauteilkategorie und Bauteilschichten sowie Findung von Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht
- Vergleich der Einzelkennwerte K (Bauwerk) und N (Betrieb) der ökologischen Steckbriefe 1-5, 10+11 mit Findung eines weiteren Bewertungsschemas für alle Gebäude
- Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden
- Festlegung der erforderlichen Arbeitsschritte, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der Arriba - basierenden Kalkulation zu erreichen.

### Anmerkung

Für das Z-Zwo wurden Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung massenmäßig erfasst und mit in Datenbanken vorhandenen Ökobilanzierungsäquivalenten auf ihre Umweltverträglichkeit hin untersucht. Leider gibt es bisher nur unzureichend gefüllte Datenbanken, so dass eine praxisnahe und ingenieurgerechte Bearbeitung nicht erfolgen kann. Für die beiden anderen Züblin - Forschungsprojekte (Züblinhaus und DVA) wurde daher der Versuch verworfen die TGA - Materialien in die Ökobilanzierung mit aufzunehmen, da es sich um ältere Bestandgebäude handelt und Massen und Materialqualitäten in Leistungsbeschreibungen nicht ausreichend genau zu bestimmen waren.

Daher konzentrieren sich nachfolgende Auswertungen nur auf die Ökobilanzierung der Baukonstruktion.



## 3.6.2 Züblin-Haus

### 3.6.2.1 Gebäudespezifische Kriterien

#### Gebäudespezifische Vorgehensweise

Das Züblinhaus wurde in den Jahren 1983-1984 erstellt. Es handelt sich um ein Verwaltungsgebäude aus 2 beinahe baugleichen Gebäudespannen, die mit einer dazwischen liegenden Glashalle verbunden sind.

Das Züblinhaus setzt sich aus folgenden relevanten Bauteilen zusammen:

- Büro-Zwischendecken aus Betondecken mit Verbundestrich und Teppichbelag, ohne abgehängte Decken
- Massive Flachdächer mit einem Technikgeschossaufbau in Leichtbauweise im 7. OG
- Holzfensterbänder in einer Betonsandwichfassade
- Glashalle aus Einfachverglasung und Stahlkonstruktion
- Bodenplatte im UG mit Epoxidharzbeschichtung bzw. Fliesenbelag
- Bürotrennwände aus Gipskartonständerwänden

Grundlage für die Ermittlung der Ökobilanzierung sind die Mengenerfassung sämtlicher Baustoffmengen und ihren Baustoffmassen.

Für das Züblinhaus wurden 32 repräsentative Bauteile festgelegt, um die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umwelteinwirkungen abzudecken.

Die Definition der Gebäudeteile erfolgte in Abstimmung mit dem Institut für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt.

Ausgang sind die umfassenden Außenbauteile A der beheizten Gebäudehülle  $V_e$  nach EnEV 2007. Sämtliche zusätzlichen und notwendigen Bauteile wurden im Innenbereich, in unbeheizten Nebenräumen, Bodenplatten entsprechend ihrem Flächen- und Baustoffmassenanteil festgelegt.

Kleinflächen wurden Übermessen und im Aufbau verwandten Hauptflächen zugeschlagen.

Die Mengenermittlung erfolgte über das 3D-Modell.

Ausgehend von dem oben angesetzten Genauigkeitsgrad kann davon ausgegangen werden, dass die Abweichung zur tatsächlichen Gesamtbaustoffmasse des Züblinhauses unter << 0,5% liegen wird.

Die notwendige Definition der Baustoffmaterialien und Dicken pro Bauteilschicht wurden aus den Werkplänen der Architektur, aus Gutachten und Rücksprachen mit dem Facility-Management festgelegt.




Lagen keine exakten Baustoffdaten vor, so erfolgten diese nach Angabe des Baustoffherstellers.

Der Bewehrungsanteil im Beton erfolgte in Abstimmung der Abteilung ZT-TBK (Konstruktiver Ingenieurbau), Ed. Züblin AG.

In Kap. 3.2.1 sind sämtliche, festgelegten Bauteilaufbauten mit den dazugehörigen Bauteilflächen, Bewehrungsstahlmengen pro cbm Beton und zusätzlichen Materialmengen aufgeführt.

Prozentuale Gewichtungsanteile der Baustoffe (Volumen, Gewicht, Herstellkosten)

Nachfolgend die wichtigsten Kenndaten und Gewichtungsteile aller untersuchten Baustoffe des Züblinhauses. Die Referenzgrößen pro Baustoff bilden die Grundlage der Ökobilanzierung:

| Gebäudekörper   |   |   |
|---|---|---|
| Gesamt-Baustoffvolumen:   | Gesamt-Baustoffgewicht:   | Nettogeschossfläche inkl. NF UG (lt. DGNB) :  |
|  <b>13.007 m<sup>3</sup></b> |  <b>25.452 t</b> |  <b>20.841 m<sup>2</sup> NGF (ohne TG !)</b> |

Verteilung der Baustoffmengen in Gewerke-Hauptgruppen:

| Verteilung des Gesamt-Baustoffvolumens | Verteilung des Gesamt-Baustoffgewichts |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>Legende nach Z1 Gewerke-gruppierung der Ed. Züblin AG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 10 Summe Rohbau</li> <li>■ 21-23 Außenhaut Dach</li> <li>■ 24-29 Außenhaut Fassade</li> <li>■ 31-44 Innenausbau</li> </ul> |

weitere Gliederung der Gewerke, siehe Anlage 6

Verteilung der Baustoffmengen in Materialgruppen:

| Verteilung des Gesamt-Baustoffvolumens | Verteilung des Gesamt-Baustoffgewichts |   |
|--|--|---|
|  |  | <p>Legende</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 Beton/Mauerwerk</li> <li>■ 2 Metall</li> <li>■ 3 Dämmstoff</li> <li>■ 4 Glas</li> <li>■ Rest</li> </ul> |

Verteilung der Herstellkosten - Baukonstruktion

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>Legende nach Z1 Gewerke-gruppierung der Ed. Züblin AG</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 10 Summe Rohbau</li> <li>■ 21-23 Außenhaut Dach</li> <li>■ 24-29 Außenhaut Fassade</li> <li>■ 31-44 Innenausbau</li> </ul> |
|--|--|--|

### **3.6.2.2 Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt)**

Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat die ökologischen Wirkungen für das Gebäude DVA ermittelt und die unterschiedlichen Wirkungsbilanzen der 32 festgelegten Bauteile in Bauteilkategorien (Decken, Wände, Bodenplatten etc.) zusammengefasst. Siehe hierzu die Ergebnisse im Abschlussbericht in Anlage 1.

Die Untersuchungsergebnisse sind im Abschlussbericht in Balkendiagrammen pro Kriterium

- Primärenergie PE,
- Treibhauspotential GWP,
- Ozonschichtabbaupotential ODP,
- Ozonbildungspotential POCP,
- Versauerungspotential AP,
- Eutrophierungspotential EP

zusammengefasst (siehe Abschlussbericht der TU Darmstadt, Nr. 2.2 ff).

Dabei werden die Wirkungsbilanzen pro Kriterium im Erstellungsjahr E und nach dem angesetzten Lebenszyklus nach 50 Jahren (nach 50 a) getrennt betrachtet.

In nachfolgender Abbildung 3.6.2.2.-5 sind die Ergebnisse pro Kriterium, Bauteilkategorie und Zeitphase von der Ed. Züblin AG zusammengestellt. Dabei werden die Prozentualanteile der Einzelwerte dem jeweiligen Gesamtwert (100 %) gegenübergestellt.

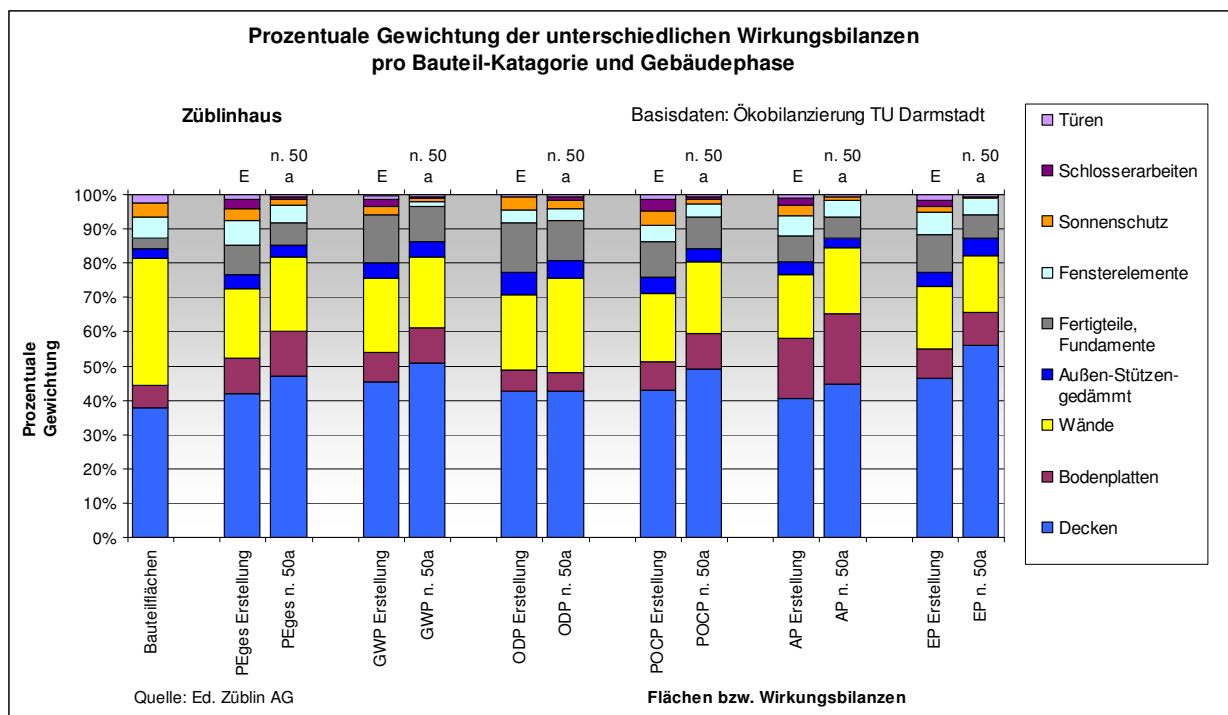


Abbildung: 3.6.2.2.- 5: Zusammenfassung der ökologischen Untersuchungsergebnisse des DVAs [TU Darmstadt: Forschungsbericht F08-08-2008: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Züblinhaus; 2008]

Die Gegenüberstellung zeigt, dass zum Zeitpunkt der Erstellung E knapp 90 % des Gesamtergebnisses bereits durch die sechs Bauteilkategorien: Decken, Wände, Außenstützen (gedämmt), Bodenplatten, Fertigteile/Fundamente und die Fensterelemente abgedeckt werden. Nach 50 Jahren steigt dieser Wert auf mind. 93 %. Davon ausgenommen ist das Kriterium Ozonschichtabbaupotential ODP.

Der Flächenanteil der o.g. sechs Bauteilkategorien beträgt ca. 90 %.

Auffallend sind die Fensterelemente, die nach 50 Jahren Nutzung eine eher untergeordnete Rolle spielen. Den größten Prozentualanstieg von der Erstellung E bis zur 50 jährigen Gebäudenutzung verzeichnen die Bauteilkategorien: Decken, Wände und Bodenplatten.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Forschungsprojekten Z-Zwo und DVA konzentrieren sich die Hauptprozentanteile nicht auf nur auf die vier Bauteilkategorien: Decken, Wände, Bodenplatten und Fensterelemente. Ursache liegt an den zusätzlichen zwei neuen Bauteilkategorien „Fertigteile, Fundamente“ und „Außenstützen gedämmt“. Die jeweils eine Untergruppe der Bodenplatten und Wände gesehen werden können.

Markant für dieses Gebäude sind,

- der überdurchschnittlich hohe Fertigflächenanteil an Fundamenten,

- die Holzfensterelemente und
- die große Glashalle (hier im Deckenbereich komplett enthalten).

Alle drei Bauteile beeinflussen die o.g. und nachfolgenden Auswertungen.

Nachfolgende Abbildung 3.6.2.2.-6 stellt die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) gegenüber.

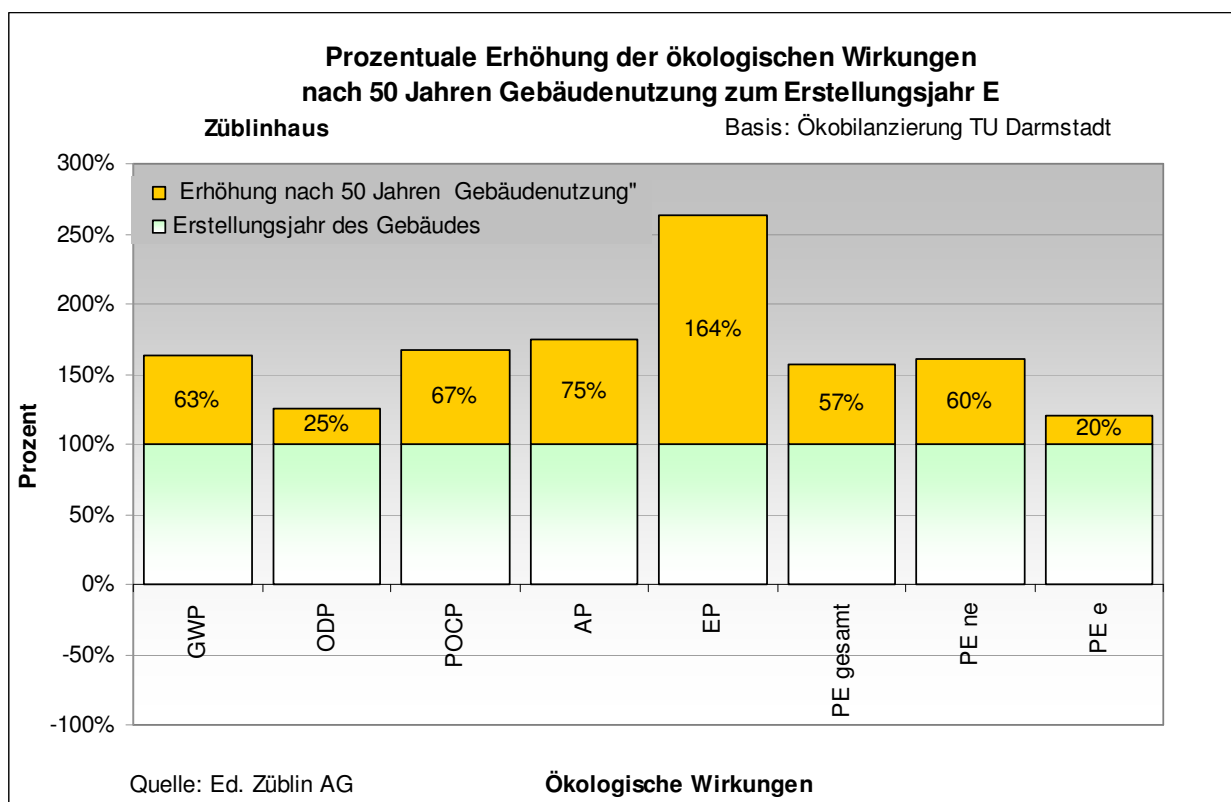


Abbildung: 3.6.2.2.- 6: Gegenüberstellung der prozentualen Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 a

Die Aufstellung zeigt, dass sich die ökologischen Wirkungen bei fünf von acht Kriterien um ca. 57 % bis 75 % zum Erstellungsjahr E erhöhen.

Die Werte sind wesentlich höher als bei den anderen beiden Züblin Forschungsprojekten: Zwo und DVA. Hier liegen die Werte zwischen 37 % bis 52 % bzw. 32 bis 41%.

liegen diese Erhöhungen wesentlich höhca. 25 bis 50 % höher.

Beim Ozonschichtabbaupotential ODP und beim Primärenergiebedarf erneuerbar PE<sub>e</sub> liegen die geringsten Erhöhungen mit ca. 20 bzw. 25 % vor, während beim Eutrophierungspotential EP eine 1,64 fache Erhöhung des Ausgangswertes bei der Erstellung zu verzeichnen ist.

Die Hauptursache wird im Wesentlichen an den fehlenden positiven Gutschriften der Bauteilkategorie Fensterelemente liegen, da die Fensterrahmen im Vergleich zu den beiden anderen Forschungsprojekten aus Holz statt Aluminium bestehen.

Die unten aufgeführte Abbildung 3.6.2.2-7 ist eine erweiterte Betrachtungsweise zur Abbildung 3.6.2.2.-6. Sie vergleicht die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) pro Bauteilkategorie.

Hier zeigt sich eindeutig, dass die Decken und Bodenplatten über alle Kriterien hinweg den größten prozentualen Anstieg zum Erstellungsjahr E aufweisen. Zum Kriterium Eutrophierungspotential kommen die Wandflächen mit einem prozentuale Anstieg 156 von % hinzu.

Dies kann an den jeweilig eingesetzten Materialien sein, aber auch vom projektspezifischen Flächenanteil pro Bauteilkategorie liegen.

Die positiven Gutschriften der Bauteilkategorien Sonnenschutz und Schlosserarbeiten sind durch das Recyclingpotenzial des Metalls in der Phase des End-of-Life zu begründen.

Positive Gutschriften entfallen für die Holzfenster wie oben erwähnt.

Die positiven Gutschrift der Glashallen-Stahlkonstruktion sind in der Bauteilkategorie Decke enthalten (Decken und Wände der Glashalle wurde zu einem Bauteil für TU Darmstadt zusammengefasst: wegen Begrenzung der zu untersuchenden Bauteilanzahlen).

Bewehrungsstahl in den Betonteilen sind aus Recyclingmaterial und erhalten deshalb in der Phase des End-of-Life keine Gutschriften.

Beim Ozonschichtabbaupotential ist der massive prozentuale Anstieg von 499 % der Schlosserarbeiten durch eine höhere Belastung im End-of-Life Szenario begründbar. Aufgrund seines geringen Flächenanteils zur Gesamtfläche des Gebäudes wirkt sich dieser massive Anstieg nach 50 Jahren auf das Gesamtergebnisses des Ozonschichtabbaupotentials nicht wesentlich aus.

Beim Treibhauspotential ist der massive prozentuale Anstieg von 713 % der Fensterelemente, It. TU Darmstadt. durch die erteilten positiven Gutschriften im Erstellungsjahr begründbar. Dieselbe Aussage kann für die restlichen Wirkungsbilanzen der Fensterelemente getätigt werden, allerdings mit geringerem prozentualem Anstieg.

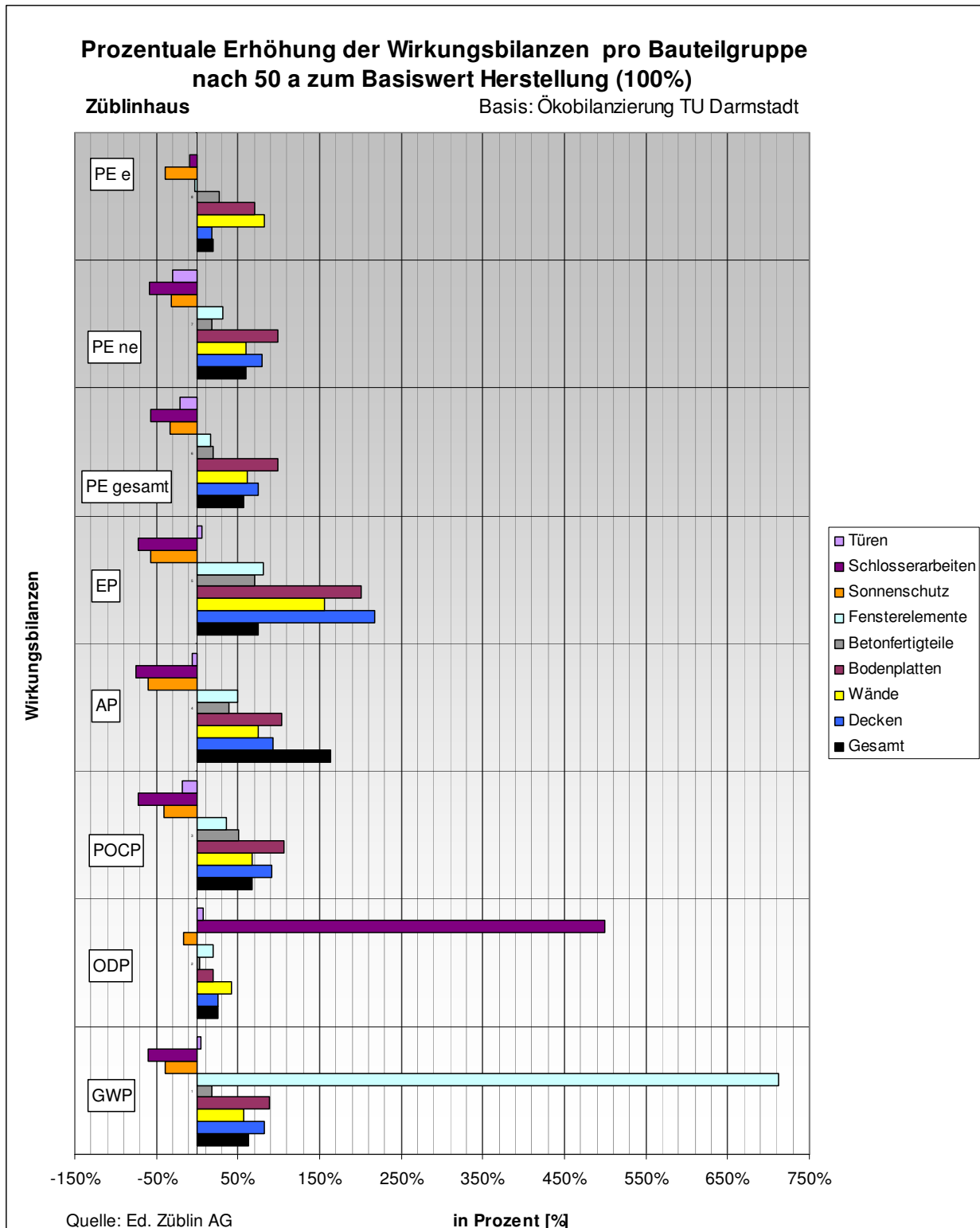


Abbildung: 3.6.2.2.- 7: Prozentuale Erhöhung der Wirkungsbilanzen pro Bauteilkategorie nach 50 Jahren Gebäudenutzung



### **3.6.2.3 Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien**

#### Ergebnisauswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Einführung

Die alleinige Zusammenfassung der Ergebnisse in Bauteilkategorien wie im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt umgesetzt, reicht nicht aus um Aussagen über den absoluten Einfluss der einzelnen Bauteile und Bauteilschichten zum gebäudespezifischen Gesamtergebnisses tätigen zu können. Daher sind weiterführende Auswertungen erforderlich.

Im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt sind unter Nr. 3.1 ff die ökologischen Wirkungen der Bauteilen nach Kriterien zusammengefasst. Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat uns diese Werte zur Verfügung gestellt, sodass die Firma Ed. Züblin AG weitere Auswertungen und Analysen vornehmen konnte.

Zusätzlich wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt, die ökologischen Wirkungen der einzelnen Bauteilschichten von 10 ausgewählten Bauteilen (siehe Anlage 2) aus allen drei Züblin - Forschungsprojekten zu beziffern (siehe Anlage 2). Das Ziel war den Einfluss der einzelnen Bauteilschichten festzustellen, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht zu finden.

#### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilkategorien

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten Datensätze der ökologischen Wirkungen pro Bauteil wurden zuerst in folgende Datensätze zusammengefasst und ermittelt:

- ökologische Wirkungen pro Bauteil und Bauteileinheit (qm-Fläche bzw. lfm-Länge) , jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der gebäudespezifischen, ökologischen Wirkungen pro Bauteil unter Berücksichtigung seiner Bauteilmenge, jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der bauteilbezogenen Prozentualanteile zur Gesamtsumme aller Bauteilflächen und zur Gesamtsumme der jeweiligen ökologischen Wirkungen
- Sortierung der Bauteile nach ihrem prozentualen Gewichtungsanteil
- Vergleich des rechnerisch, ermittelten Gesamtgewichtes aller Bauteile durch die TU Darmstadt mit den parallel durchgeführten Ermittlungen der Ed. Züblin AG. Der Vergleich ergab eine Abweichung von 0,10 %.

Auf Basis dieser erweiterten Datensätze wurden für alle Wirkungsbilanzen die gleichen Auswertungen durchgeführt. Der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar  $PE_{ne}$  und erneuerbar  $PE_e$  wurden zum Primärenergiebedarf gesamt  $PE_{ges}$  zusammengefasst. Sodass schlussendlich sechs Kriterien betrachtet werden (GWP, ODP, POCP, AP, EP,  $PE_{ges}$  ( $PE_{ne} + PE_e$ )).

Folgende Ziele wurden bei den Auswertungen verfolgt:

1. Vergleich und Feststellung der Bauteile mit den größten ökologischen Wirkungen pro  $m^2$  Bauteilfläche bzw. pro lfm Bauteillänge
2. Vergleich und Feststellung der maßgeblichsten Bauteile auf das Gesamtergebnis „ der jeweiligen ökologischen Wirkungen“ des Züblinhauses.
3. Vergleich und Feststellung der ökologischen Wirkungen aller Bauteile in den Zeitphasen: Erstellungsjahr E sowie Instandhaltung mit End of Life-Szenarien
4. Festlegung, ob die Anzahl der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, ohne das Gesamtergebnis der ökologischen Bauteile wesentlich zu verfälschen.

Sämtliche Diagramm-Auswertungen sind in Anlage 3 zusammengefasst.

In der Abbildung 3.6.2.3-8 a werden die bauteilbezogenen ökologischen Auswirkungen des Primärenergiebedarfs  $PE_{ges}$  pro  $m^2$  bzw. lfm Bauteileinheit gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind ihre jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteile zur Gesamtsumme  $PE_{ges}$  und zur Summe aller Bauteilflächen dargestellt.

Liegt der prozentuale Anteil „ $PE_{ges}$ “ bei einem Bauteil höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass die Wirkungsbilanz bei diesem Bauteil im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

Durch den zusätzlichen Vergleich der Balkenlängen mit ähnlichen Bauteilaufbauten kann bei starken Differenzen schnell analysiert werden, ob Berechnungs-/Eingabefehler vorliegen oder andere Ursachen maßgeblich für diese Differenz sein können, z.B. eine ökologisch ungünstige Bauteilschicht.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.2.3-8 a-c werden zusätzlich zum Kriterium Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  die Auswertungen der Kriterien Treibhauspotential GWP und Versauerungspotential AP aufgeführt, um die Schwankungsbreiten innerhalb der Kriterien aufzuzeigen.

Beim Vergleich der Diagramme ist auffällig, dass die größten Wirkungsbilanz-Anteile bei den Fertigteilen, Bodenplatten, Wänden und Decken liegen. Innerhalb dieser Bauteilkategorien fallen insbesondere die Fertigteile FT (Fundamente und Betonfertigtröge etc.), Bodenplatten

BoPI1 und BoPI2 und die Decken DE6 bis DE11 auf. Hier sind die Prozentualanteile zur Gesamt-Wirkungsbilanz i.d.R. höher als die Prozentualanteile zur Gesamtbauteilfläche.

Innerhalb der Bauteilkategorie Wände tragen wesentlich 4 von 9 Wandsystemen und in der Bauteilkategorie Decken tragen wesentlich 3 von 11 Deckensystemen zur Gesamtwirkungsbilanz bei. Diese sind u.a., die Wände gegen Erdreich (WA6), die Innenwände (WA8, WA9), die Flachdächer (DE6) und die Büro-Geschosdecken (DE11).

Die Gipskartonständerwände (WA9) und die Innenwände massiv (WA8) weisen insgesamt zwar einen hohen Bauteilflächenanteil von 28;7 % auf, aber zum Gesamtergebnis der jeweiligen Wirkungsbilanzen sinkt dieser Anteil jedoch auf ca. 7 bis 17 % ab.

Den geringsten Einfluss in allen drei Kriterien haben die Fensterelemente FF1 und FF2, Schlosserarbeiten SA sowie die Türen Tü 1 bis Tü3.

Das Bauteil DE5 ist die große Glashalle, deren Anteil an den jeweiligen Wirkungsbilanzen unter 2,5 % liegt.

Beim Vergleich der Balkendiagramme fällt auf, dass die ökologischen Auswirkungen pro Bauteil bei  $PE_{ges}$  und GWP ähnlich sind. D.h. die Verhältnisse der Balkenlängen untereinander sind ähnlich und weisen ein ähnliches Gesamt-Musterbild auf. Dagegen verändert sich das Musterbild beim Kriterium AP. Hier liegen die Schwerpunkte bei drei Bauteilen: bei der Bodenplatte BoPI1, bei den Deckensystemen DE6 und DE11.

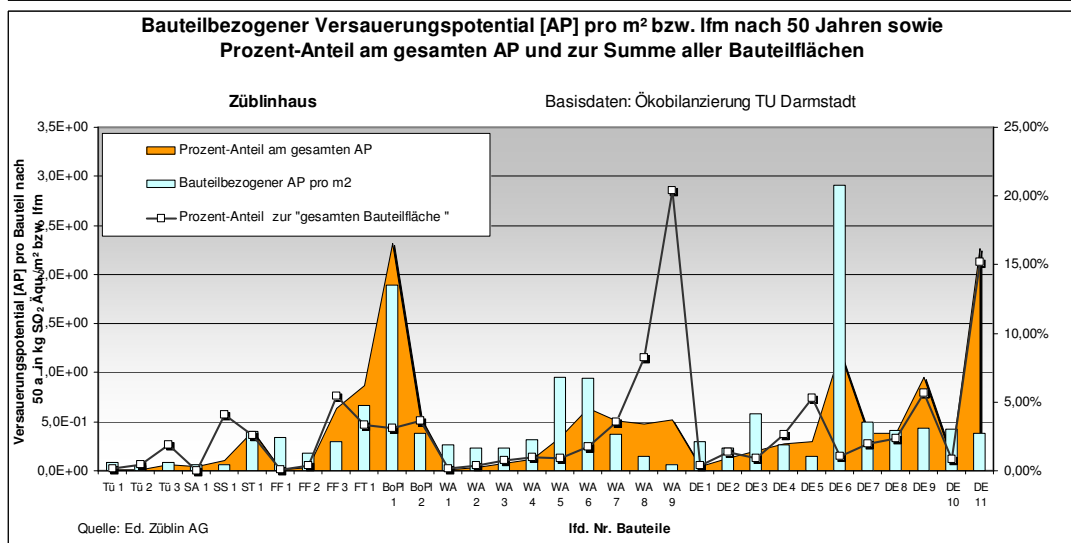
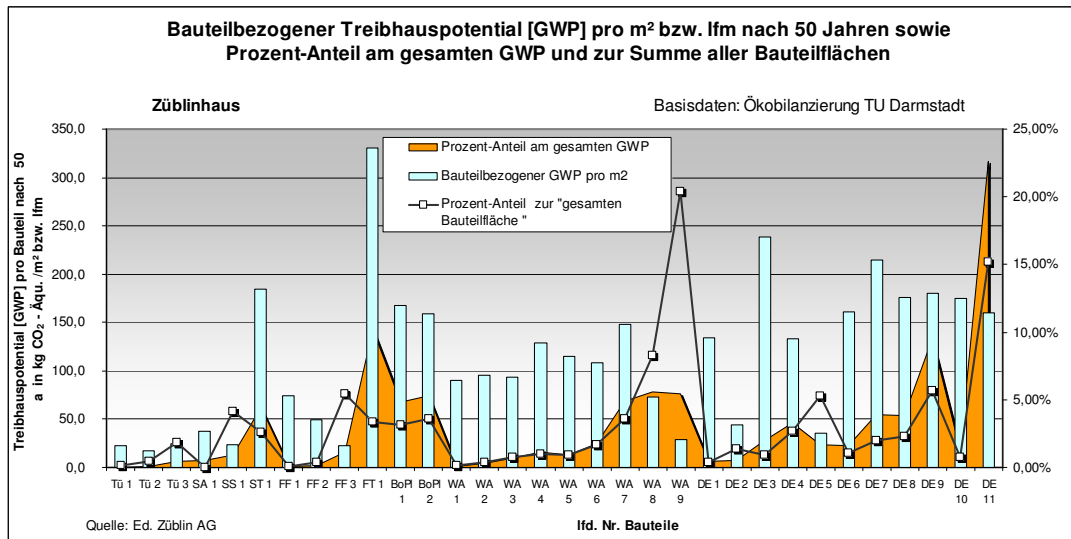
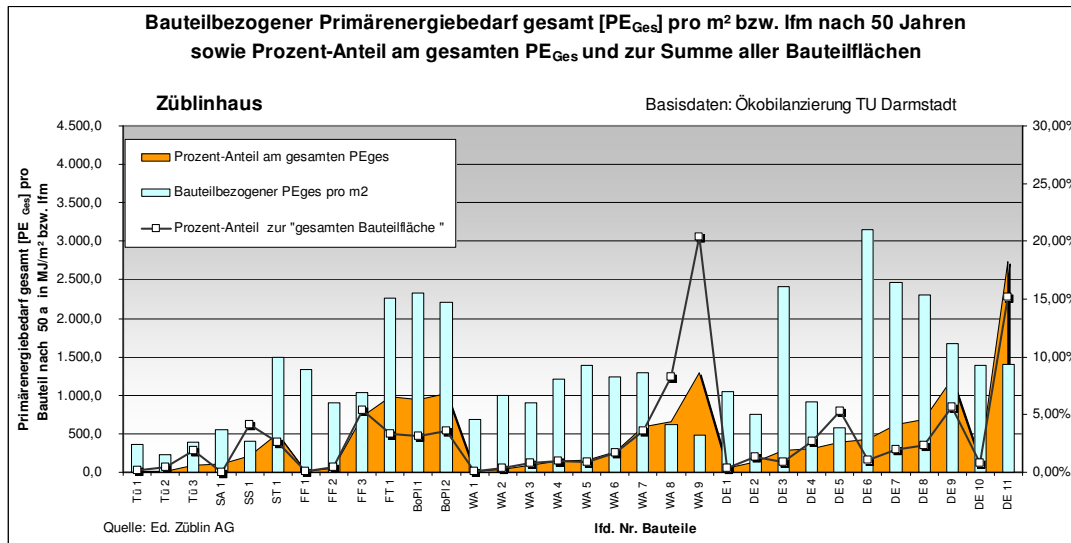


Abbildung: 3.6.2.3.- 8 a-c: Auszug aus dem Vergleich der ökologischen Auswirkungen pro Bauteilfläche/-länge nach 50 a zum gebäudespezifischen Prozentualanteil am Gesamtergebnisse bzw. zur Summe aller Bauteilflächen

In nachfolgender Abbildung 3.6.2.3.-9 sind die Anteile des Primärenergiebedarfs gesamt  $PE_{ges}$  bezogen auf die  $m^2$  NGF-Fläche im Erstellungsjahr und in der restlichen Gebäudenutzungsphase (Innovation und End of Life) gegenübergestellt.

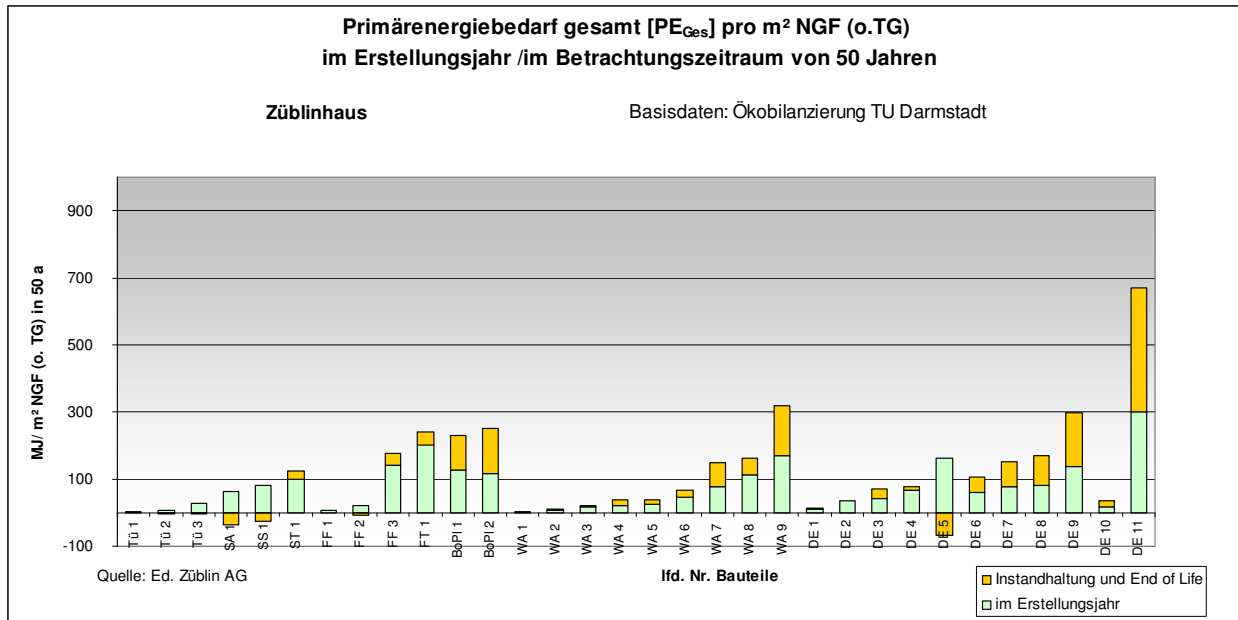


Abbildung: 3.6.2.3.- 9: Anteile am Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  pro  $m^2$  NGF im Erstellungsjahr E und in der restlichen Gebäudelauzeit, inkl. End-of-Life (EOL)

Den größten Zuwachs zum Erstellungsjahr haben die Bodenplatten Bop11 und Bop12, die Wand WA9 und Decken DE9 und DE11. Der Anteil beträgt zum jeweiligen Bauteil-Gesamtergebnis 45 bis 55 %. Die Bauteile haben als Bodenbelag eine Epoxidharzbeschichtung (BoPI2) bzw. Teppich (DE9 und DE11) bzw. Fliesen mit PUR-Dämmung (BoPI1).

Das Wandsystem WA9 (Gipskartonständerwände) verzeichnet den viertgrößten Zuwachs zum Erstellungsjahr E. Sein Anteil zum Bauteil-Gesamtergebnis beträgt 47%. Zum Gesamtergebnis des Gebäudes spielt jedoch das Wandsystem eine untergeordnete Rolle.

Die Schlosserarbeiten SA, Sonnenschutzsystem SS1 und die Glashalle DE5 weisen die größten Gutschrift pro  $m^2$  NGF auf. Die Gutschriften bei den Fensterelementen sind wesentlich geringer als bei den Projekten Z-Zwo und DVA. Grund sind hier die eingesetzten Holzrahmen.

Die Auswertungen für die Kriterien GWP, ODP, POCP, AP und EP sind in Anlage 3 aufgeführt.

Die nachfolgenden Abbildungen 3.6.2.3.-10 a-c summieren die bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen zum Gesamtwert „Wirkungsbilanz“ nach 50 Jahren Gebäudenutzung auf. Dabei wurden die Einzelwerte pro Bauteil nach Ihrer Gewichtung sortiert und aufaddiert.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Bauteile die größten Auswirkungen auf den Gesamtwert der jeweiligen Wirkungsbilanz aufweisen.

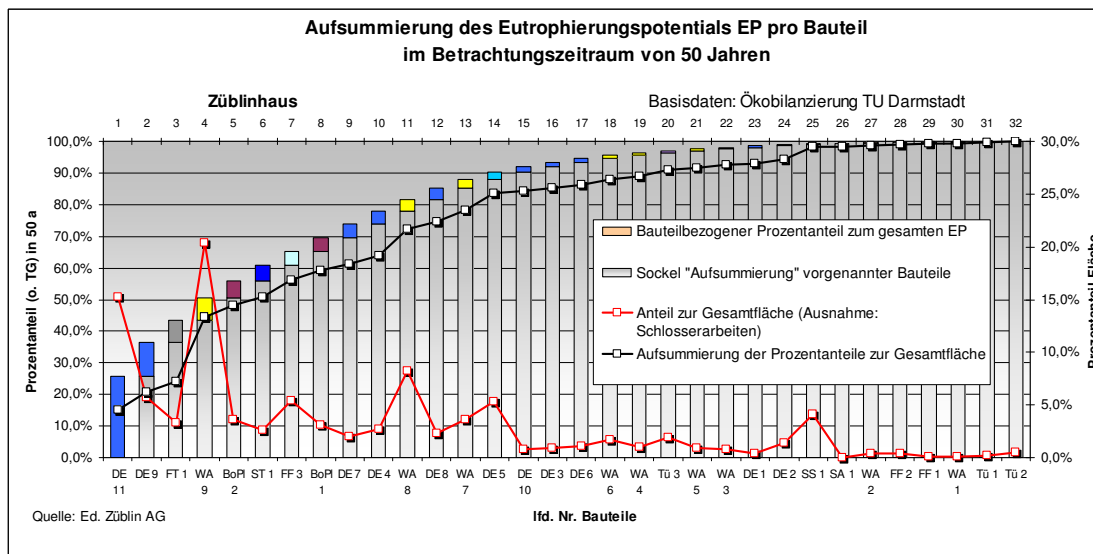
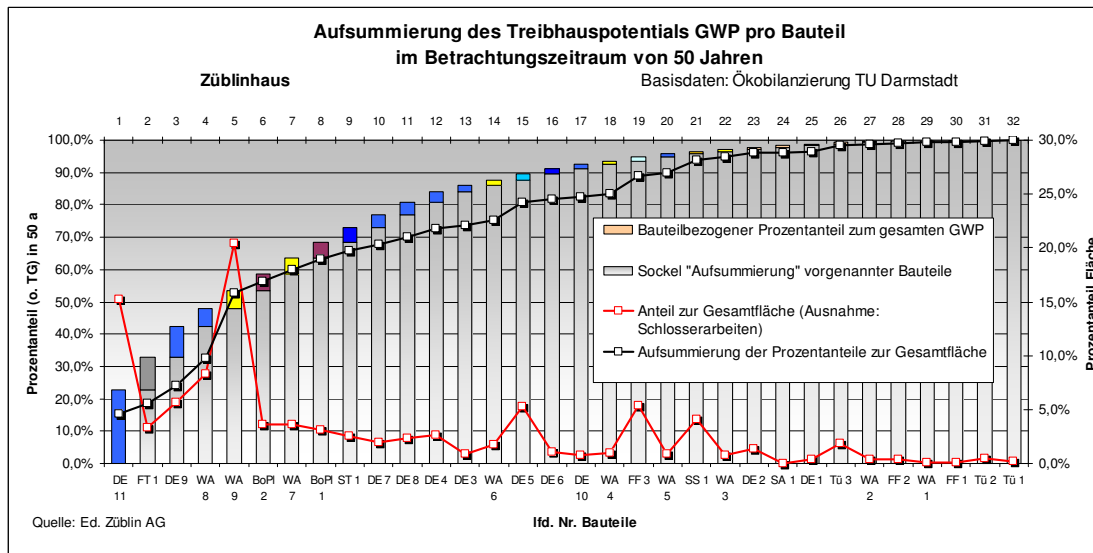
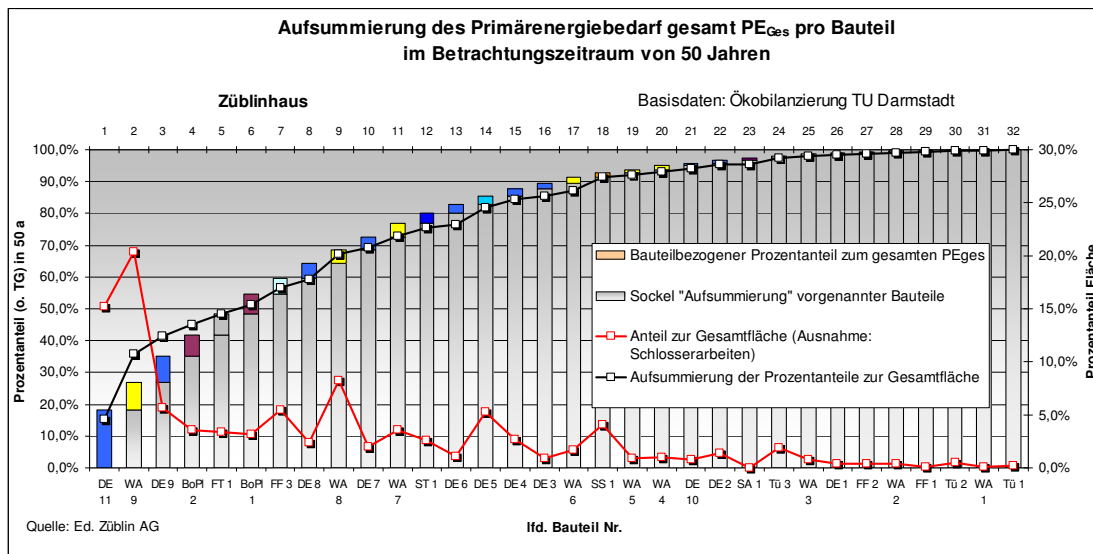


Abbildung: 3.6.2.3.- 10 a-c: Aufsummlung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen im Betrachtungszeitraum 50 a

Zusätzlich werden die jeweiligen, prozentualen Gewichtsanteile zur Gesamtfläche (rote Linie) pro Bauteil gegenübergestellt und in der schwarzen Linie aufsummiert.

Der Vergleich der drei Diagramme zeigt, dass die Reihenfolgen der Bauteile bei allen drei Kriterien unterschiedlich sind.

Dasselbe gilt für die schwarzen Kurvenverläufe „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ je Diagramm, die sehr unterschiedlich ansteigen.

Hier ist eine Abweichung deutlich zu den Auswertungen der Vergleichs-Forschungsprojekte Z-Zwo und DVA zu erkennen, deren schwarze Kurvenverläufe ähnlich liefen.

Folgende Ursachen können hier als Gründe definiert werden:

- Sonderkonstruktion des Züblinhauses  
(Sandwichbauweise, Glashalle, Holzfenster, zusätzl. Fertigbauteile wie Fundamente, Verbundestriche statt Hohlraumböden)
- Sandwichelemente der Außenwände sind in mehrere Bauteile aufgeschlüsselt, sodass die Außenwand, in „Klein“flächen und Wirkungsbilanzen gesplittet, den Kurvenverlauf beeinflusst
- Wirkungsbilanz der Holzfensterelemente FF3

Bei Diagramm GWP und EP schneiden sich die Absolutwerte ab dem 25. bzw. 26. Bauteil und verlaufen zum Schluss relativ parallel zu einander. Das gemeinsame Auftreffen der Absolutwerte liegt am Schnittpunkt: 98 %.

Beim PEges beginnt dies bereits ab dem 19. Bauteil.

Die Auswertungen zeigen, dass mit den Diagrammen keine absolute Aussage getätigt werden kann, ob der Anteil der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, um dennoch einen entsprechenden Genauigkeitsgrad der Gesamtwirkungsbilanz zu erreichen. Die Gründe liegen am unterschiedlichen Kurvenverlauf pro Kriterium als auch an der unterschiedlichen gewichteten Reihenfolge der Bauteile.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.2.3.-11 a-c erfolgt eine ähnliche Darstellung wie in den Abbildungen 3.6.2.3.-10 a-c.

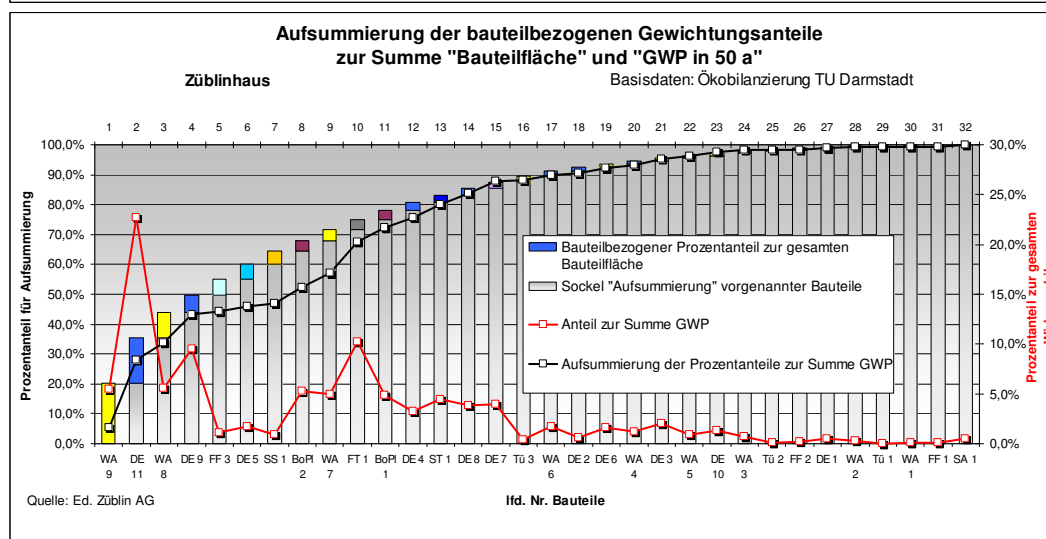
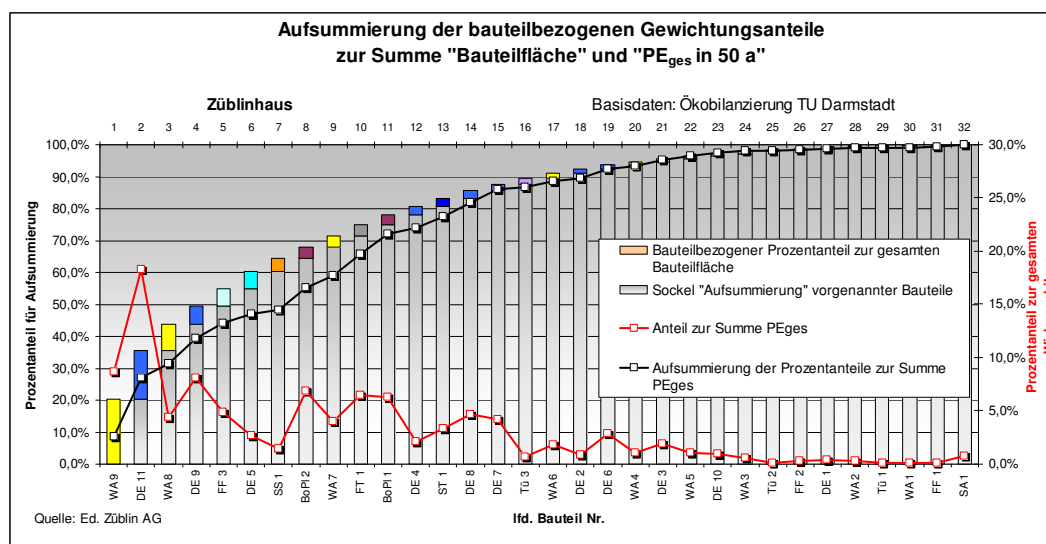
Der Unterschied liegt darin, dass die Sortierung der Bauteile nach dem Prozentualanteil zur Gesamt-Bauteilfläche erfolgt und nicht nach ihren Gesamt-Wirkungsbilanzen.

Diese Auswertung ermöglicht, dass bei allen Kriterien die Reihenfolge der Bauteile unverändert bleibt und eine bessere Aussage zum Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung getroffen werden kann

Der Vergleich der Diagramme zeigt, dass bereits 20 bzw. 21 von 32 Baueilen ca. 95 % der Gesamt-Bauteilfläche abdecken und der schwarze Kurvenverlauf „Aufsummierung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen“ bereits ab dem 20. bzw. 21. Bauteil parallel zum absoluten Balkendiagrammwert „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ verläuft.

Daraus lässt sich schließen, dass 11 von 32 untersuchten Bauteilen nur noch einen Anteil von unter 5 % auf den jeweiligen Gesamtwert der Wirkungsbilanz haben.

Folglich kann die berechtigte Frage aufgeworfen werden, ob der Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung wesentlich verbessert wird, wenn eine Ökobilanzierung statt den angesetzten 32 Bauteilen auf Basis einer noch genaueren und kleinteiligeren LV-Mengenermittlung erfolgt. [DGNB: Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11; Berechnungsgrundlage A1 und A2, Dezember 2008]





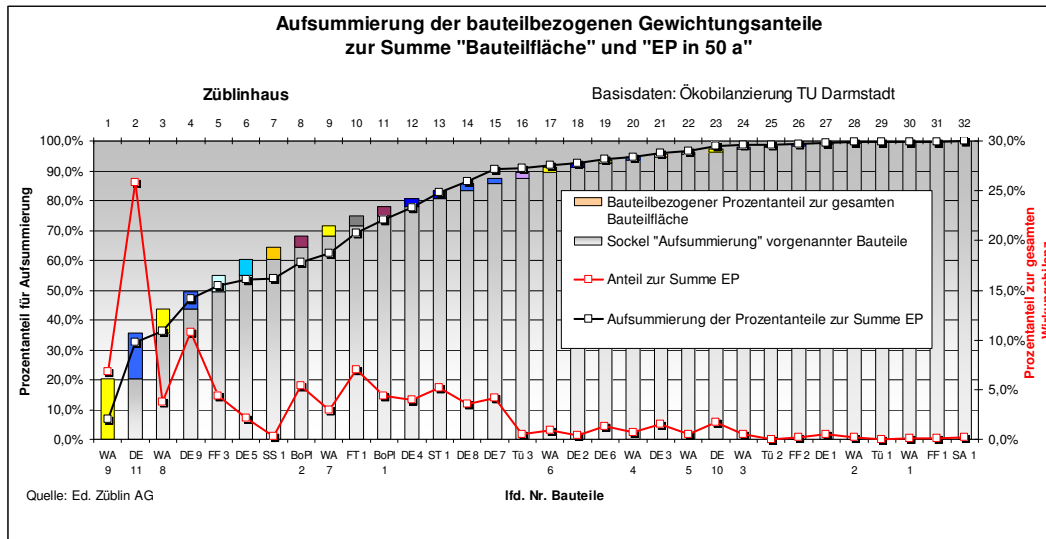


Abbildung: 3.6.2.3.- 11 a–c: Aufsummierung der bauteilbezogenen Gewichtungsanteile zur Summe Bauteilflächen im Betrachtungszeitraum 50 a

In nachfolgender Abbildung 3.6.2.3.-12 sind die Bauteile WA9 bis SA 1 entsprechend ihrem Gewichtungsanteil an der Gesamtbauteilfläche von links nach rechts abfallend sortiert, analog den Abbildungen 3.6.2.3.-11 a-c.

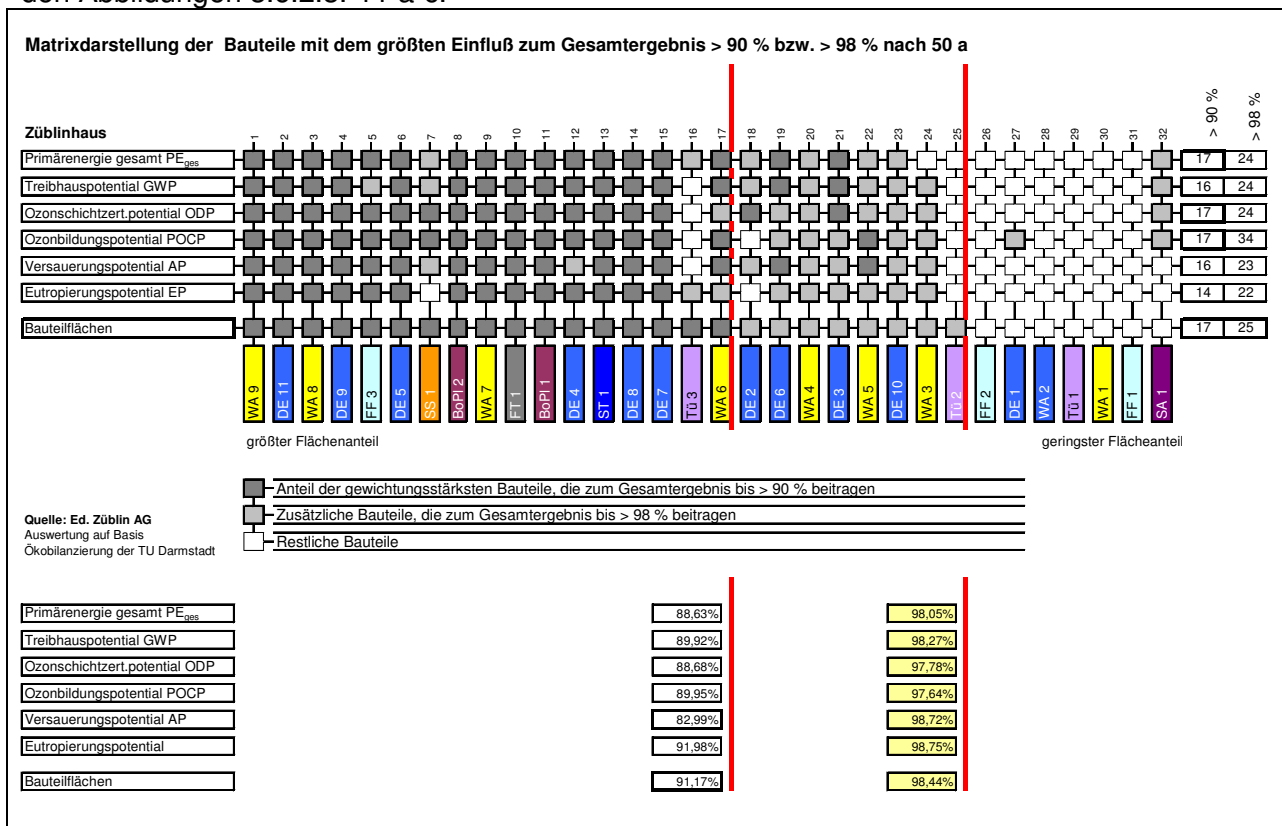


Abbildung: 3.6.2.3.- 12: Matrixdarstellung mit Darstellung der Bauteile mit dem größten Einfluss nach 50 a – Züblinhaus

In der Matrix sind sämtliche Bauteile farblich markiert, die den größten Einfluss zum Gesamtergebnis > 90 % bzw. 98 % der jeweiligen Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche haben.

In der Matrix ist gut zu erkennen, dass an der 90 % Markierung der Gesamtbauteilfläche fast alle Bauteile der entsprechenden Wirkungsbilanz enthalten sind. Hier wären bei vielen Kriterien sogar weniger Bauteile erforderlich um 90 % ihrer Gesamt-Wirkungsbilanz zu erreichen. Bei allen Kriterien müssten kleinere Bauteilflächen, wie z.B. DE6, DE3 oder WA5, anstatt der größeren Bauteilfläche Tü3 (Holztüren mit Drahtglas) eingeschlossen werden.

Dasselbe gilt für die 98 % Markierung. Bei fast allen müsste zwar nach Ihrem Gewichtungsanteil noch das Bauteil SA1 hinzugezählt werden, dennoch erreichen alle Bauteile die 98 % Grenze, da statt des Bauteils SA1 das Bauteil Tü2 und zu Teilen das Bauteil DE2 in der Reihenfolge der Bauteilflächen eingeschlossen wird.

Der Prozentanteil der jeweiligen Wirkungsbilanzen liegt bei der 98 % Markierung zwischen 98,05 und 98,75 %. Der Prozentanteil liegt bei ODP und POCP mit 97,78 bzw. 97,64 % am niedrigsten. Die geringfügige Abweichung bei ODP und POCP ist jedoch zu vernachlässigen, da nach den Kriteriensteckbriefen Nr. 2 und 3 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn z.B. die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen ( $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesen Kriteriensteckbriefen die Datenbasen der Referenzwerte noch aufgebaut werden müssen.

D.h. 7 von 32 Bauteilen haben nur einen Anteil von ca.  $\pm 2$  % an der jeweiligen Gesamt-Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche.

Eine Prioritätenfestlegung bei der Ökobilanzierung nach dem Gewichtungsanteil der Bauteile an der Gesamtbauteilfläche ist zulässig.

Die Abbildung 3.6.2.3.-13 stellt die Bauteile sortiert und aufsummiert nach ihrem Gewichtungsanteil an der Gesamtfläche im Vergleich zu ihrem Anteil der jeweiligen Wirkungsbilanz gegenüber. Anhand des Schichtenaufbaus können die wechselnden prozentualen Bauteilanteile pro Wirkungsbilanz optischer und schneller abgelesen werden.

Der Schichtaufbau unterstreicht die zu den Abbildungen 11 a-c und 12 geäußerten Aussagen, dass ab der 90 % Grenze die Anteile der Wirkungsbilanzen drastisch abnehmen.

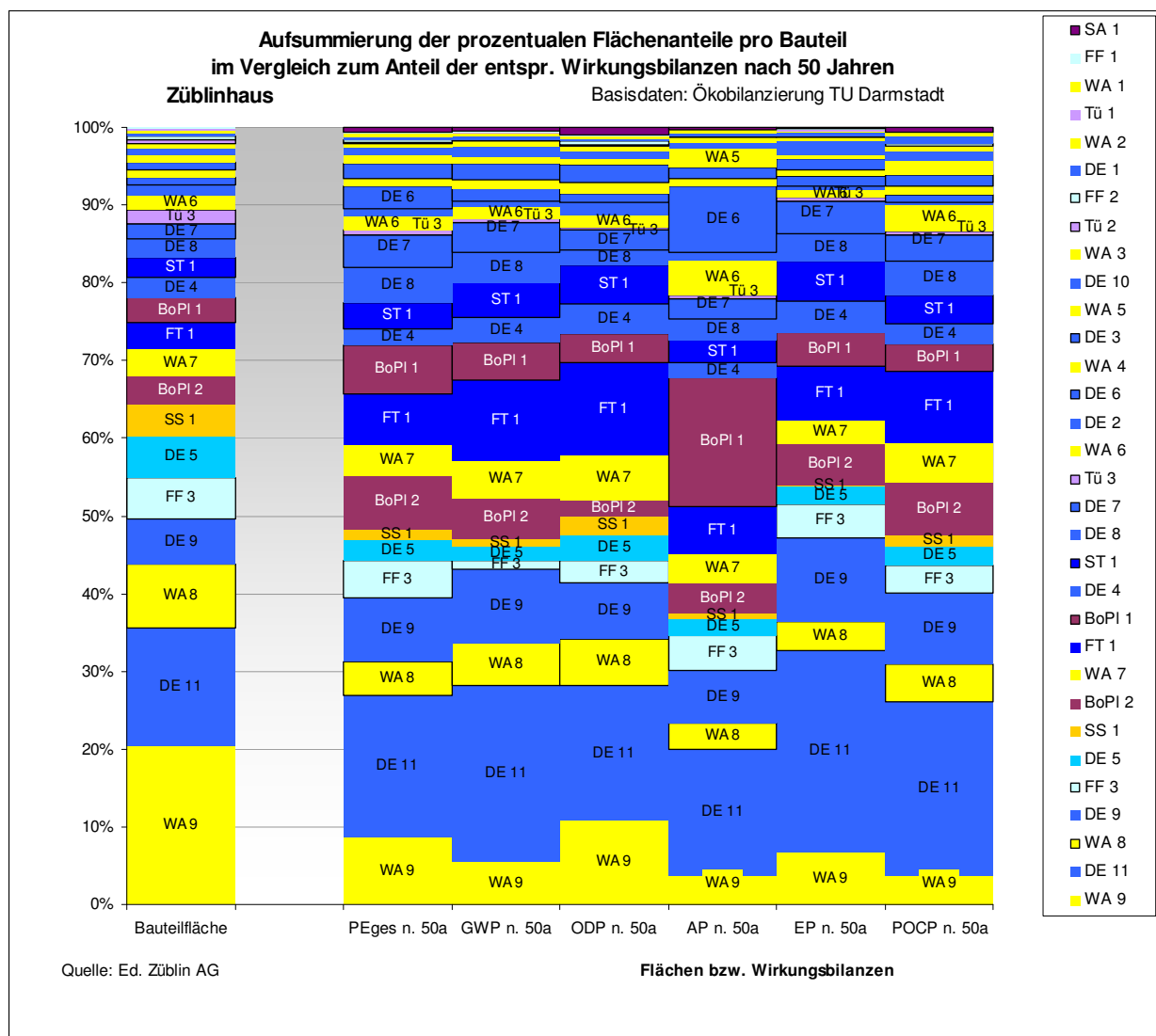


Abbildung: 3.6.2.3.- 13: Schichtaufbau der ökologischen Wirkungsbilanzen sortiert nach dem Gewichtsanteil der Bauteilflächen nach 50 a (DE5 = Glashalle)

### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilschichten

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten ökologischen Wirkungen von 10 ausgewählten Bauteilen mit ihren einzelnen Bauteilschichten (siehe Anlage 2) wurden am Beispiel des Gebäudes Z-Zwo unter Kap. 3.6.2.3 ( Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung – Bauteilschicht) ausführlich ausgewertet und analysiert.

Eine gewerkeorientierte Splittung der Ökobilanzierungen ist in Kap. 3.6.5 Projektkenndatenblatt aufgeführt.

### Vergleich der Ergebnisse Ökobilanzierung TU Darmstadt / Ed. Züblin AG

In den ökologischen Steckbriefen 1-5, 10+11 erfolgen die Punktebewertungen immer in Kombination der Ökobilanzierungen der Baukonstruktionen und TGA mit der Ökobilanzierung der Nutzung (Energie).

Im Nachfolgenden erfolgt der Vergleich der Einzelkennwerte K (Bauwerk) und N (Betrieb) der ökologischen Steckbriefe 1-5, 10+11 mit Findung eines Bewertungsschemas für alle Gebäude.

Des Weiteren erfolgt die Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden. Daraus sollen erforderliche Arbeitsschritte für AP5 festgelegt werden, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der Arriba - basierenden Kalkulation zu erreichen, siehe hierzu Kap. 3.6.5.

Um eine Anbindung der Ökologischen Daten an das Projektkenndatenblatt zu erreichen und die Findung der erforderlichen Arbeitsschritte im Zuge einer automatischen Ökobilanzierung während einer Arriba – basierenden Kalkulation zu erreichen, war eine eigenständige Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG erforderlich.

Die Ökobilanzierung erfolgte auf denselben vorgegebenen Bauteilaufbauten AG und nach den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 (Dezember 2008). Die EPDs wurden konsequent aus der Ökobaudat des BMVBS (Dezember 2008) entnommen und die Instandhaltungsintervalle erfolgten auf Basis des Leitfadens für Nachhaltigen Bauens [Bundesamt für Bauwesen: Leitfaden für Nachhaltiges Bauen, 2001, Kap. 7.1].

Die Ökobaudat führt im Anfangsstadium eine noch begrenzte Anzahl EPDs von typischen Baustoffen auf. Z.B. liegen keine EPDs für Epoxidharzbeschichtungen und PVC-Kleber vor.

Daher wurde in einer zweiten Variante die Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG um die EPDs der Epoxidharzbeschichtungen und PVC-Kleber erweitert.

In der nachfolgenden Abbildung 3.6.2.3.-19 sind die prozentualen Abweichungen beider Variantenergebnisse zur Ökobilanzierung des Instituts für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt gegenübergestellt.

Im Diagramm ist ersichtlich, dass die Variante 1 ohne Berücksichtigung der EPDs „Epoxidharzbeschichtung und PVC-Kleber“ in zwei Kriterien (POCP und AP) die Gesamtergebnisse der TU Darmstadt wesentlich unterschreitet. Beim Eutrophierungspotential EP ist eine Überschreitung von ca. 30 % zu verzeichnen.

Bei Variante 2, unter Berücksichtigung der EPDs „Epoxidharzbeschichtung und PVC-Kleber“, werden die Gesamtergebnisse zur TU Darmstadt in den meisten Kriterien überschritten. D.h. die Berechnung gemäß Ökobaudat und den Steckbriefen des DGNB mit Ergänzung der EPDs

„Epoxidharzbeschichtung und PVC-Kleber“ führen zu etwas ungünstigeren Punktbewertungen in den ökologischen Steckbriefen des DGNBs als nach dem Berechnungsgrad der TU Darmstadt.

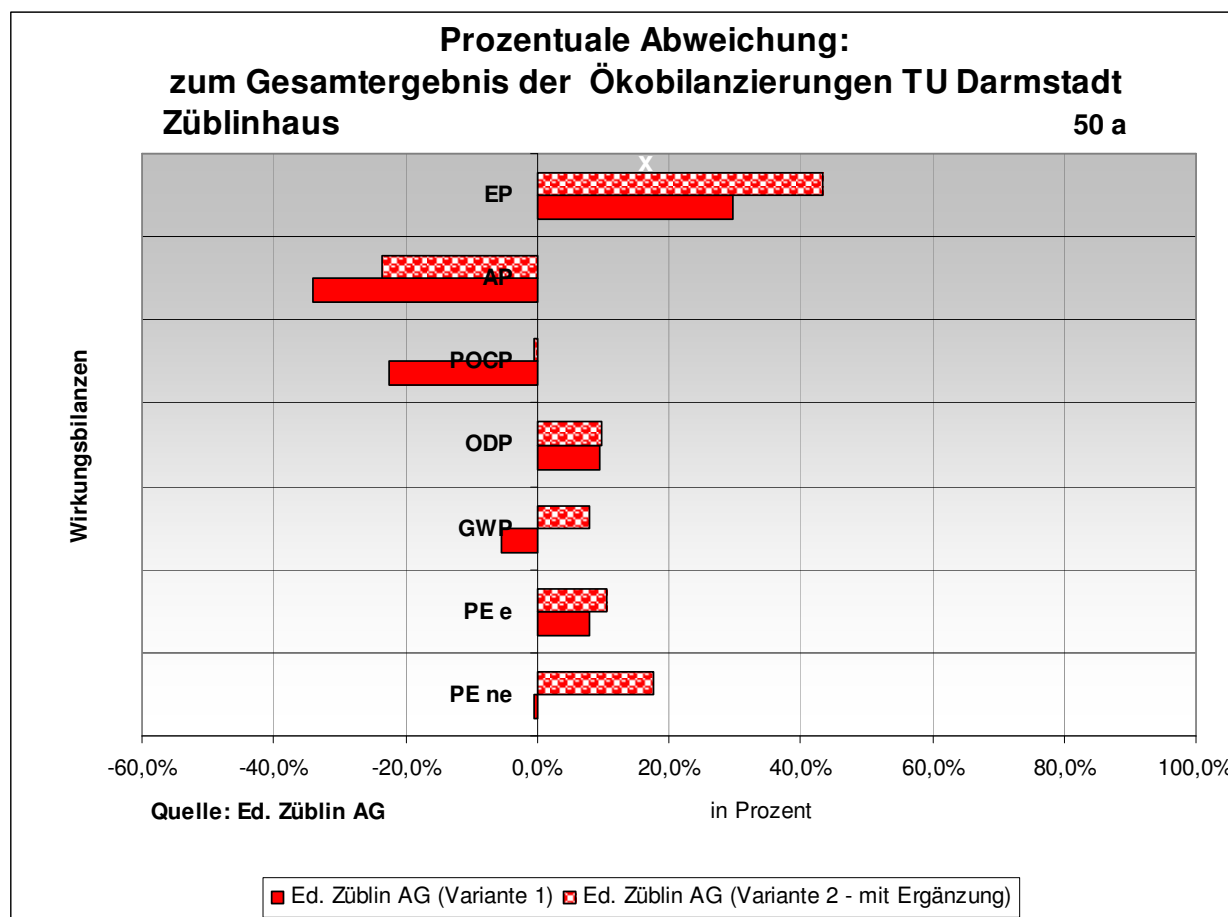


Abbildung 3.6.2.3.-14: Prozentuale Abweichungen der Ökobilanzierungen der Ed. Züblin AG

Die Gesamtergebnisse des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt und der Ed. Züblin AG wurden im Diagramm verglichen, um die Schwankungsbreiten unterschiedlicher Ansätze darzustellen.

Aufgrund fehlender Datengrundlagen der TU Darmstadt konnten Einzelschritte nicht verglichen werden. Da die Berechnung der Ed. Züblin AG vorrangig als Vorarbeit für die Anbindung an das firmeneigene Projektkenndatenblatt ist, wurde auf weitere Untersuchungen verzichtet.

In nachfolgenden Abbildungen 3.6.2.3.-20 a-b sind nochmals am Beispiel der Z-Zwo Büro-Zwischendecke DE7 (FuD2) die Einzelergebnisse der Kriterien GWP und EP aus dem Z-Zwo Bericht 3.6.2.3, Nr. 2.2.1 pro Bauteilschicht gegenübergestellt.

Die EPD des Betons von Ed. Züblin AG entstammt der Ökobau.dat 2010. Eingabefehler durch Ed. Züblin AG konnten nicht festgestellt werden.

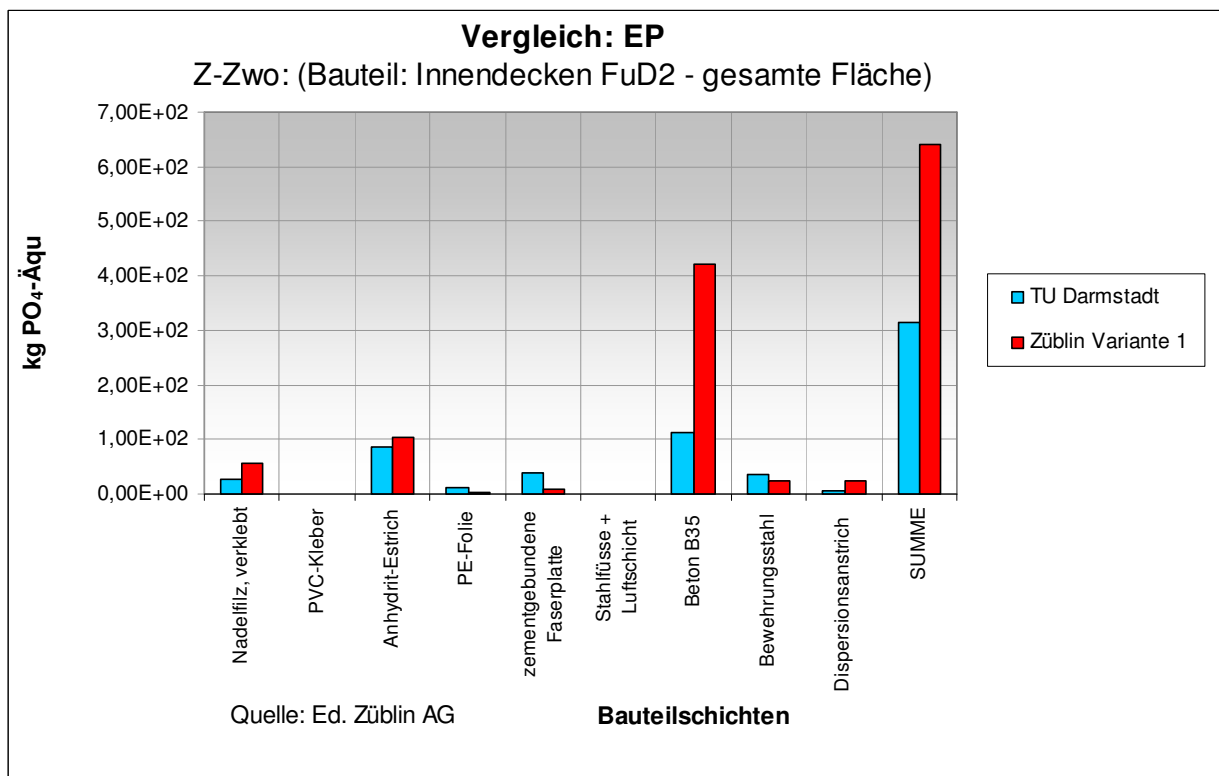
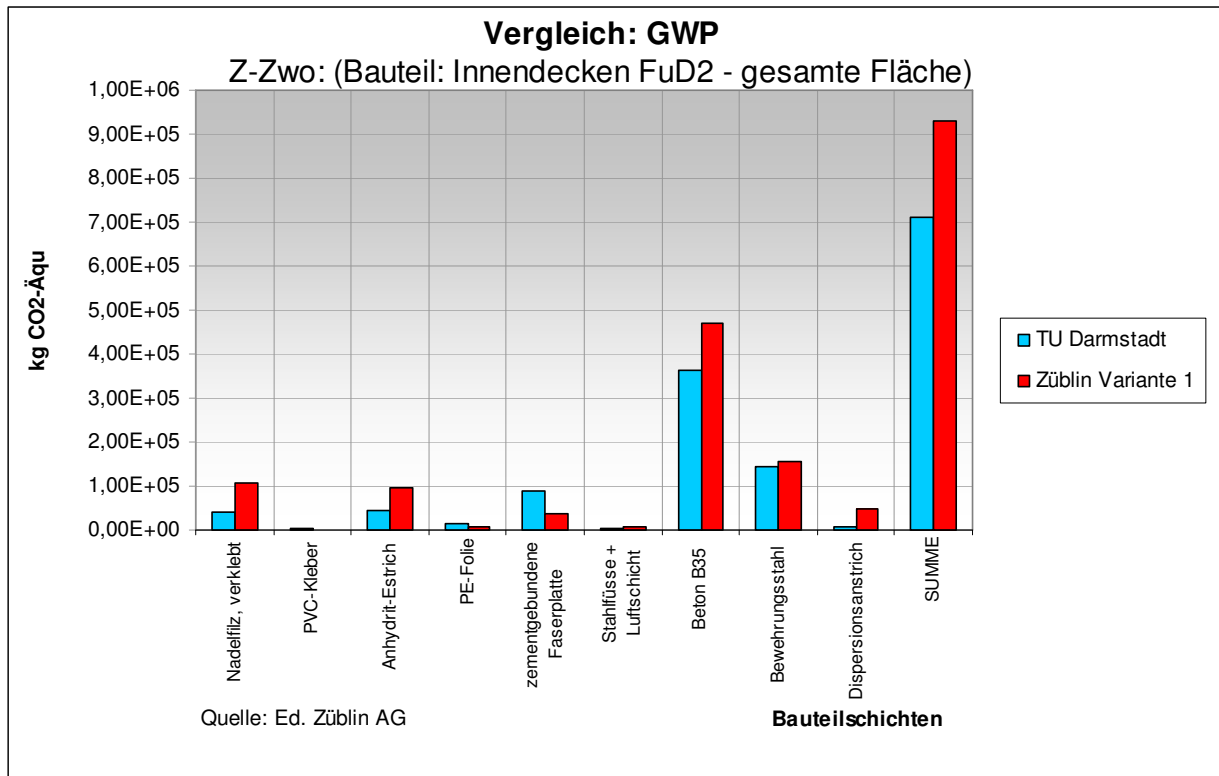


Abbildung: 3.6.2.3.- 15 a-b: Gegenüberstellung der Ökobilanzierungen pro Baustoff und Kriterium, 50a

### Vergleich der Ökobilanzierungen Baukonstruktion / Betrieb (Energie)

Die Punktebewertung erfolgt in den DGNB Kriteriensteckbriefen 1,5, 10+11 immer im Zusammenhang mit der Ökobilanzierung des Betriebs (Energie).

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder, die bereits unter Nr. 1.1.3 näher beschrieben wird:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

In der Abbildung 3.6.2.3.-21 werden am Beispiel des Kriteriums GWP die prognostizierten Ökobilanzierungen der Baukonstruktion K (hier: ohne TGA), des Betriebs (N) nach EnEV2007 bzw. tatsächlichem Verbrauch pro m<sup>2</sup> NGF und Jahr gegenübergestellt.

Ist der Betrag der Ökobilanzierung Betrieb wesentlich größer als die Ökobilanzierung Baukonstruktion und TGA, so ist abzuwägen, ob Verbesserungen z.B. in der Baukonstruktion sinnvoll sind, um das vorrangige Ziel „Erreichung der höchsten Punktzahl in den Kriteriensteckbriefen“ zu erreichen.

Im Balkendiagramm werden die Ergebnisse der TU Darmstadt und Ed. Züblin AG aufgeführt.

Im Balken „Baustoffe Ed. Züblin AG“ sind die beiden Ergebnisse der oben erwähnten Varianten 1 und 2 (ohne und mit Epoxidharzbeschichtung / PVC-Kleber ) als Minimum- und Maximalwert berücksichtigt.

Das Verhältnis  $\sim K$  (Ökobilanzierung TU Darmstadt) zu N (EnEV2007) ist 1:9,93 zur Summe  $\sim K+N$ . Die TGA ist hier nicht berücksichtigt (siehe Nr. 1.1.5).

Zusätzlich sind die Einzelwerte K und N den Referenzwerten  $K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}$  gegenübergestellt. Der fixe Referenzwert  $K_{\text{ref}}$  wird knapp überschritten, während der flexible, gebäudespezifische Referenzwert  $N_{\text{ref}}$  unterschritten wird.

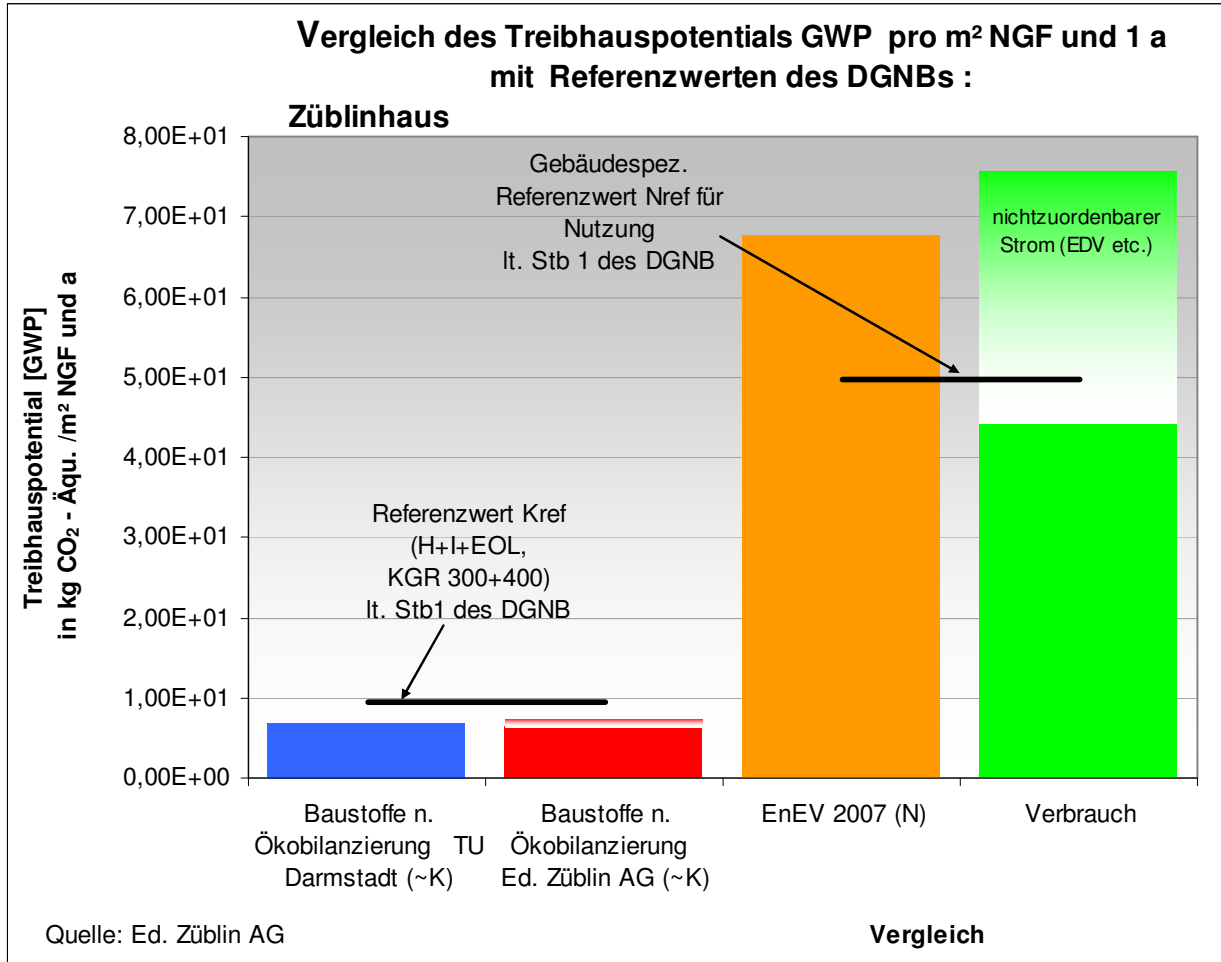


Abbildung: 3.6.2.3.- 16: Gegenüberstellung der Kennwerte lt. Kriteriensteckbrief 1 des DGNB am Bsp. Züblinhaus



### Nomogramm: Einordnung der ökologischen Gebäudeergebnisse

Wie bereits unter Nr. 2.2.3 erwähnt erfolgt die Punktebewertung in den ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 mit nachfolgender vereinfachter Formel:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

Dabei gilt:

K = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik

als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

N = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes, abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{\text{ref}}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

einzigster fix festgelegter Referenzwert

$N_{\text{ref}}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

Die Ober- und Untergrenze  $f_{\text{unten}}$  und  $f_{\text{oben}}$  sind pro Kriteriumsteckbrief unterschiedlich. Sie definieren die Grenz- und Zielwerte und bestimmen die Mindest- bzw. Maximalpunktzahl. Je kleiner das Verhältnis  $f$ , desto höher ist die zu erreichende Punktzahl.

Die Schwierigkeit an dieser Formel ist, dass K, N, und  $N_{\text{ref}}$  gebäudespezifisch variabel sind. Nur für den Referenzwert  $K_{\text{ref}}$  „jahresbezogener Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik“ ist ein fixer Wert festgelegt.

Die Folge ist, dass die ökologische Qualität eines Gebäudes schwierig in der Entwurfsphase eingestuft werden kann. D.h. nach oben genannter Formel muss aktuell die Ökobilanzierung eines Gebäudes komplett ausgerechnet werden, um eine Aussage für die Punktebewertung definieren zu können.

Um dies in der Entwurfsphase umgehen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Sammlung von Kennwerten K, N und  $N_{ref}$  unterschiedlichster Verwaltungstypen. Mit Hilfe dieses Auswahlkataloges können dann in der Entwurfsphase die passenden Bausteine gewählt werden, um erste Bewertungen in ökologischer Hinsicht vornehmen zu können oder
2. Findung eines Schaubilds in dem die gebäudespezifischen Bewertungen sämtlicher Verwaltungsgebäude eingetragen werden können.

Letzter Punkt kann mit nachfolgendem Nomogramm umgesetzt werden. Hier können die gebäudespezifischen Werte anhand oben beschriebener Formel eingestuft und bewertet werden.

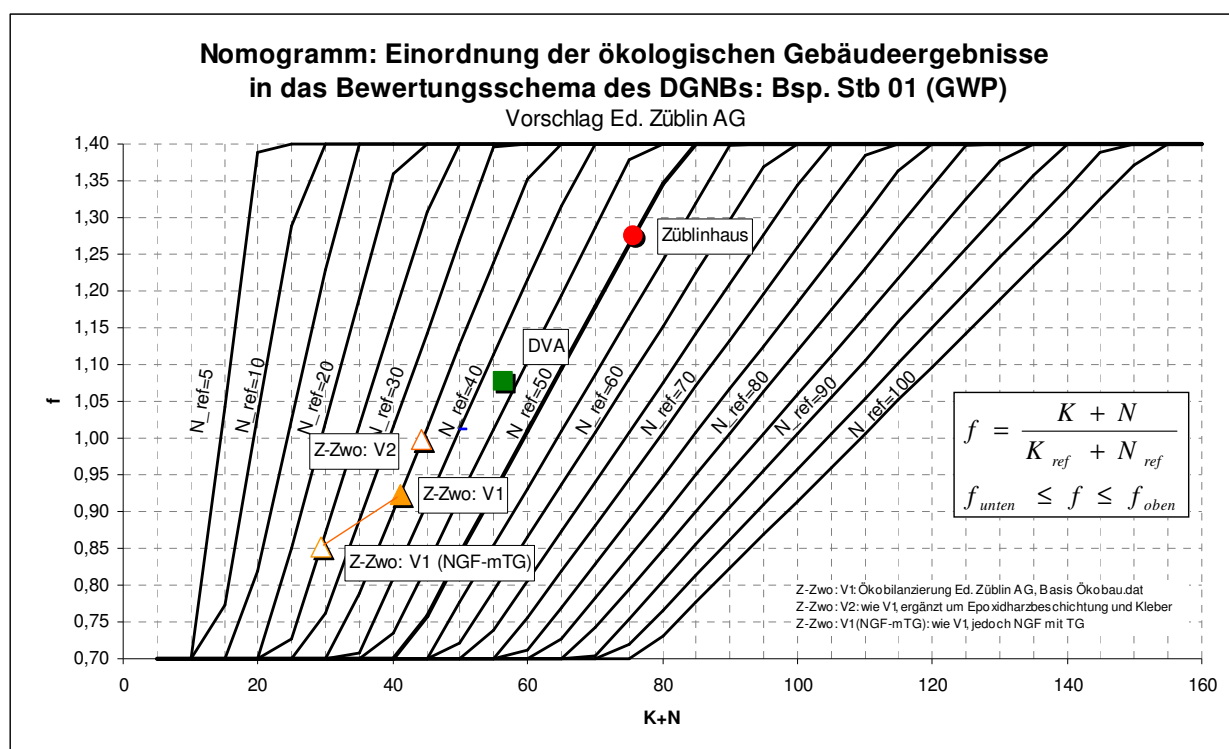


Abbildung: 3.6.2.3.- 17: Nomogramm: Einordnung der Gebäudeergebnisse in das Bewertungsschema des DGNB, Bsp. Stb 1

Als Beispiel sind die Ergebnisse der Züblin - Forschungsprojekte im Nomogramm des Treibhauspotentials eingestuft.

Um verifizierte Aussagen über ein Gebäude in der Entwurfsphase tätigen zu können, müssen im o.g. Nomogramm Daten weiterer Gebäude gesammelt und eingetragen werden. Bei einer ausreichenden Gebäudeanzahl können im Idealfall Linien oder Feldbereiche von Gebäuden ähnlicher Gebäudestruktur, Baukonstruktion oder TGA - Anlagen abgeleitet und festgelegt werden.

In der Entwurfsphase können dann mit Hilfe des erweiterten Nomogramms die Gebäude einer Linie oder einem Feldbereich gleicher Gebäudeart zugeordnet werden. Somit wäre eine ausreichende Erstbewertung des Gebäudes in ökologischer Hinsicht möglich.

Zusätzlich kann das Nomogramm als Kontrollelement bei der Nachweisführung von ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 dienen.

Das Nomogramm kann auf sämtliche ökologische Kriteriensteckbriefe 1-5, 10+11 umgesetzt werden. Die Kurvenspannweiten von  $N_{ref}$  sind dann an die jeweiligen Kriteriensteckbriefe anzupassen.

#### **3.6.2.4 Fazit**

Das Züblinhaus wurde in den Jahren 1983-1984 erstellt und weicht mit seiner massiven Betonsandwichkonstruktion und damaligen innovativem Glashaus von zeitgleich erstellten Verwaltungs-Bauweisen ab. Büro-Zwischendecken aus Betondecken mit Verbundestrich und Teppichbelag, ohne abgehängte Decken

Das Institut Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt wurde beauftragt eine Ökobilanzierung durchzuführen.

Auf diesen Basisdaten hat die Firma Ed. Züblin AG zusätzliche Auswertungen vorgenommen. Ein Ziel war festzustellen in welcher Kleinteiligkeit eine Mengenermittlung zu erfolgen hat, um einen ausreichenden Genauigkeitsgrad der Ökobilanzierung zu erreichen.

Anschließend wurden die Ergebnisse der Ökobilanzierung „Baustoffe“ mit der Ökobilanzierung „Betrieb (Energie)“ gegenübergestellt und ein Nomogramm vorgeschlagen, mit dem künftig bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes eine Prognose für die Punktebewertung nach DGNB erfolgen kann.

Die Auswertungen ergaben, dass nach dem unter Nr. 1.2.1 beschriebenen Erfassungsgrad der Baustoff-Mengenermittlung kein zusätzlicher Aufschlag von 10% für Baustoffe gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 der Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11 erforderlich wäre. Hier sollte eine Ausstiegsklausel vom DGNB festgelegt werden. Der gesonderte Aufschlag für fehlende TGA-Geräte in der Ökobilanzierung gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 sollte über einen gesonderten Aufschlag definiert werden.

Die Aufsummierung der einzelnen 32 festgelegten Bauteilflächen nach Ihrem Gewichtsanteil zur Gesamtbauteilfläche hat ergeben, dass bereits 25 Bauteilen 98 % der Gesamtbauteilfläche erreicht wird.

Dasselbe gilt für die einzelnen Wirkungsbilanzen. Ausgehend davon, dass von allen Baustoffen die exakten EPDs vorliegen, werden bereits knapp 98% der jeweiligen Wirkungsbilanzen mit 25

Bauteilen erreicht. Der Prozentanteil liegt bei ODP und POCP mit 97,78 bzw. 97,64 % am niedrigsten. Die geringfügige Abweichung bei ODP und POCP ist jedoch zu vernachlässigen, da nach dem Kriteriensteckbrief Nr. 2 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen (z.B.  $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesem Kriteriensteckbrief die Datenbasis der Referenzwerte noch aufgebaut werden muss.

Die Findung von Optimierungspotentialen innerhalb der Baustoffe erfolgte beim Forschungsprojekt Z-Zwo.

Im nachfolgenden Kap. 3.6.5 wird das Projektkenndatenblatt der Ed. Züblin AG mit der wirtschaftlichen und ökologischen Gewerkeaufschlüsselung vorgestellt. Hier können die jeweiligen ökologischen Gewichtsanteile pro Gewerk und Wirkungsbilanz für das Züblinhaus Gebäude entnommen werden.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.6.3 Z-zwo**

#### **3.6.3.1 Gebäudespezifische Kriterien**

##### Gebäudespezifische Vorgehensweise

Das Z-Zwo ist ein moderner Verwaltungsbau der heutigen Zeit mit folgenden typischen Bauteilaufbauten für ein Verwaltungsgebäude:

- Büro-Zwischendecken mit Hohlraumboden und Teppichbelag, ohne abgehängte Decken
- Flachdach
- Pfostenriegelkonstruktion und hinterlüftete Metallfassade (72 % Fensterflächenanteil)
- Zwischendecke zur Tiefgarage mit Dämmung aus Mehrschichtbauplatten
- Bürotrennwände aus Gipskartonständerwänden
- Flurtrennwänden aus Glas-Systemtrennwänden

Grundlage für die Ermittlung der Ökobilanzierung sind die Mengenerfassung sämtlicher Baustoffmengen und ihren Baustoffmassen.

Für das Gebäude Z-Zwo wurden 27 repräsentative Bauteile festgelegt, um die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umwelteinwirkungen abzudecken.

Die Definition der Gebäudeteile erfolgte in Abstimmung mit dem Institut für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt.

Ausgang sind die umfassenden Außenbauteile A der beheizten Gebäudehülle  $V_e$  nach EnEV 2007. Sämtliche zusätzlichen und notwendigen Bauteile wurden im Innenbereich, in unbeheizten Nebenräumen, Bodenplatten und Tiefgaragendecken entsprechend ihrem Flächen- und Baustoffmassenanteil festgelegt.

Kleinflächen wurden Übermessen und im Aufbau verwandten Hauptflächen zugeschlagen.

Zusätzlich zu den 27 festgelegten Bauteilen hat die Firma Ed. Züblin AG ergänzend Materialzuschläge vorgenommen. Diese sind, u.a.:

- Magerbetonplomben lt. Angaben im Vergabeleistungsverzeichnis
- Unterkonstruktion der vorgehängten Metallfassade
- Architektonisch vorgesehene Überlappungen der Metallfassade
- Fensterabdichtungsbänder
- Stahlfüße des Hohlraumbodens

Ausgehend von dem oben angesetzten Genauigkeitsgrad kann davon ausgegangen werden, dass die Abweichung zur tatsächlichen Gesamtbaustoffmasse des Z-Zwos unter  $\ll 0,5\%$  liegen wird.

Die Bauteilflächen wurden mit Hilfe von Architektur-Ausführungsplänen ermittelt.

Die notwendige Definition der Baustoffmaterialien und Dicken pro Bauteilschicht wurden aus den Werkplänen der Architektur, aus Gutachten und Vergabe-Leistungsverzeichnissen entnommen.

Lagen keine exakten Baustoffdaten vor, so erfolgten diese nach Angabe des Baustoffherstellers.

Der Bewehrungsanteil im Beton erfolgte in Abstimmung der Abteilung ZT-TBK (Konstruktiver Ingenieurbau), Ed. Züblin AG.




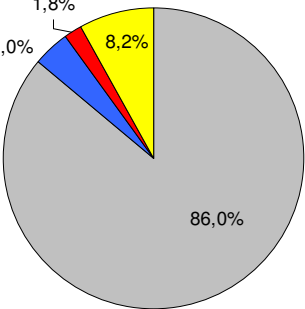
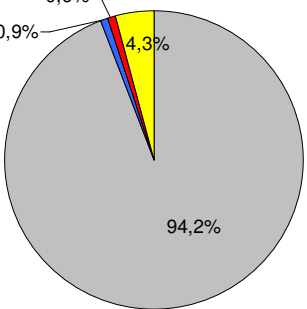
In Kap. 3.2.1 sind sämtliche, festgelegten Bauteilaufbauten mit den dazugehörigen Bauteilflächen, Bewehrungsstahlmengen pro cbm Beton und zusätzlichen Materialmengen (z.B. Stahlunterkonstruktion für die Metallunterkonstruktion der hinterlüfteten Außenfassade, Abdichtungsbändern, Magerbetonplomben oder Stahlfüße des Hohlraumbodens) aufgeführt.

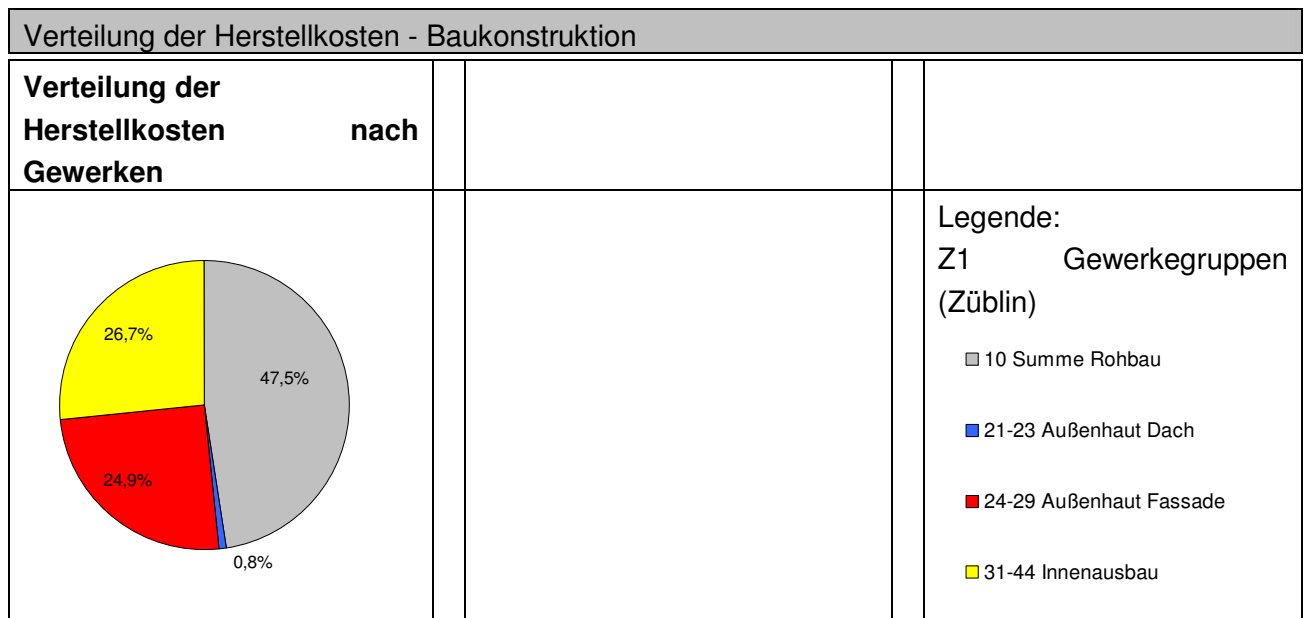
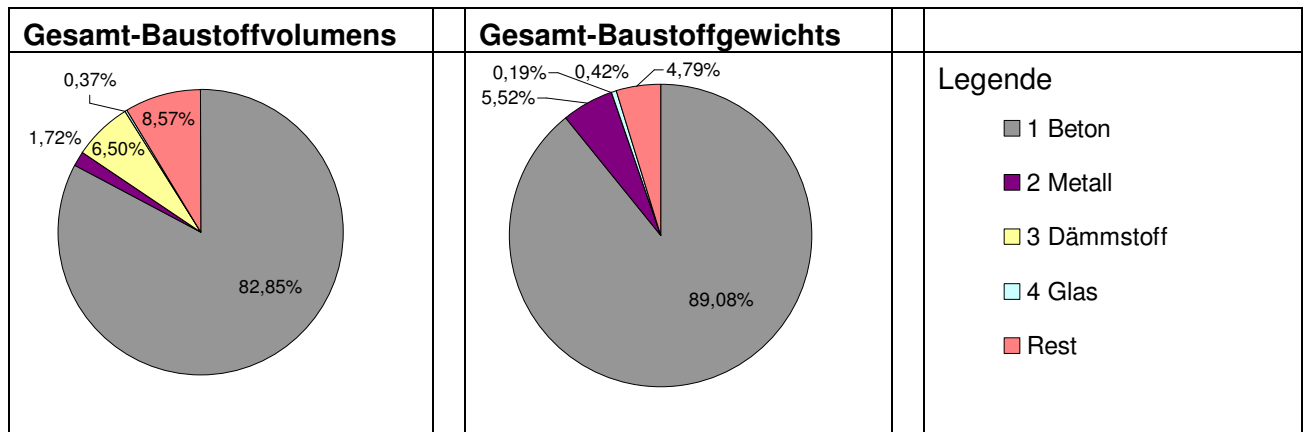
Markant ist, dass die Tiefgaragenfläche nahezu gleich groß ist wie die darüberliegenden Bürogeschossflächen. Dadurch erhöht sich der Rohbau-Anteil in den Baustoffmassen zu Ungunsten des Z-Zwos.

Nach DGNB - Festlegung dürfen die NGF Flächen der Tiefgaragenflächen nicht zur funktionalen Bezugsgröße  $1 \text{ m}^2 \text{ NGF} \cdot a$  des Lebenszyklus des Gebäudes hinzugezählt werden. Die Folge ist, dass durch die „reduzierte NGF-Fläche“ bei nachfolgenden sämtlichen auf die funktionale Einheit  $1 \text{ m}^2 \text{ NGF} \cdot a$  bezogen Endergebnisse werden, zu Ungunsten für des Gebäudes Z-Zwo ausfallen werden.

Prozentuale Gewichtungsanteile der Baustoffe (Volumen, Gewicht, Herstellkosten)

Nachfolgend die wichtigsten Kenndaten und Gewichtungsanteile aller untersuchten Baustoffe des Z-Zwos. Die Referenzgrößen pro Baustoff bilden die Grundlage der Ökobilanzierung:

| Gebäudekörper   |   |  |
|---|---|--|
| <b>Gesamt-Baustoffvolumen:</b>  | <b>Gesamt-Baustoffgewicht:</b>  | <b>Nettogeschossfläche inkl. NF UG (lt. DGNB) :</b>  |
|  <b>11.032 m<sup>3</sup></b> |  <b>24.401 t</b> |  <b>10.860 m<sup>2</sup> NGF (ohne TG !)</b>  |
| Verteilung der Baustoffmengen in Gewerke-Hauptgruppen:  |   |  |
| <b>Verteilung des Gesamt-Baustoffvolumens</b>   | <b>Verteilung des Gesamt-Baustoffgewichts</b>   | <b>Legende</b><br><b>Z1 Gewerkegruppen (Züblin)</b><br><input type="checkbox"/> 10 Summe Rohbau<br><input type="checkbox"/> 21-23 Außenhaut Dach<br><input type="checkbox"/> 24-29 Außenhaut Fassade<br><input type="checkbox"/> 31-44 Innenausbau |
|                              |                  |  |
| <b>weitere Gliederung der Gewerke, siehe Anlage 6</b>   |   |  |
| Verteilung der Baustoffmengen in Materialgruppen:   |   |  |
| <b>Verteilung des</b>   | <b>Verteilung des</b>   |  |



### 3.6.3.2 Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt)

Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat die ökologischen Wirkungen für das Gebäude Z-Zwo ermittelt und die unterschiedlichen Wirkungsbilanzen der 27 festgelegten Bauteile in Bauteilkategorien (Decken, Wände, Bodenplatten etc.) zusammengefasst. Siehe hierzu die Ergebnisse im Abschlussbericht in Anlage 1.

Die Untersuchungsergebnisse sind im Abschlussbericht in Balkendiagrammen pro Kriterium

- Primärenergie PE,
- Treibhauspotential GWP,
- Ozonschichtabbaupotential ODP,

- Ozonbildungspotential POCP,
- Versauerungspotential AP,
- Eutrophierungspotential EP

zusammengefasst (siehe Abschlussbericht der TU Darmstadt, Nr. 2.2 ff und 2.3 ff).

Dabei werden die Wirkungsbilanzen pro Kriterium im Erstellungsjahr E und nach dem angesetzten Lebenszyklus nach 50 Jahren (nach 50 a) getrennt betrachtet.

In nachfolgender Abbildung 3.6.3.2.-5 sind die Ergebnisse pro Kriterium, Bauteilkategorie und Zeitphase von der Ed. Züblin AG zusammengestellt. Dabei werden die Prozentualanteile der Einzelwerte dem jeweiligen Gesamtwert (100 %) gegenübergestellt.

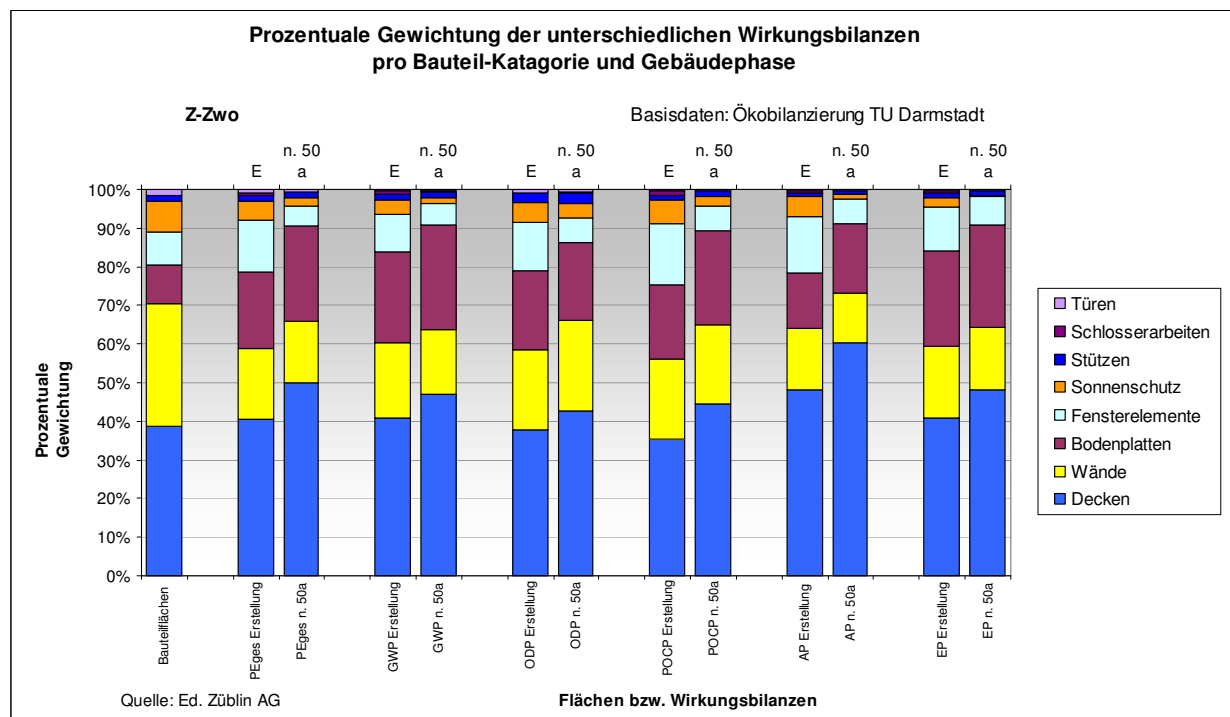


Abbildung 3.6.3.2.- 5: Zusammenfassung der ökologischen Untersuchungsergebnisse Z-Zwo [TU Darmstadt: Forschungsbericht F08-08-2008: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Z-Zwo; 2008]

Die Gegenüberstellung zeigt, dass zum Zeitpunkt der Erstellung E mind. 90 % des Gesamtergebnisses bereits durch die vier Bauteilkategorien: Decken, Wände, Bodenplatten und die Fensterelemente abgedeckt werden. Nach 50 Jahren steigt dieser Wert auf mind. 95 %. Davon ausgenommen ist das Kriterium Ozonschichtabbaupotential ODP.

Der Flächenanteil der o.g. vier Bauteilkategorien beträgt ca. 90 %.



Auffallend sind die Fensterelemente, die trotz einem Fassadenflächenanteil von 72 % nach 50 Jahren Nutzung eine eher untergeordnete Rolle spielen. Den größten Prozentanstieg von der Erstellung E bis zur 50 jährigen Gebäudenutzung verzeichnen die Bauteilkategorien: Decken, Wände und Bodenplatten.

Nachfolgende Abbildung 3.6.3.2.-6 stellt die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) gegenüber.

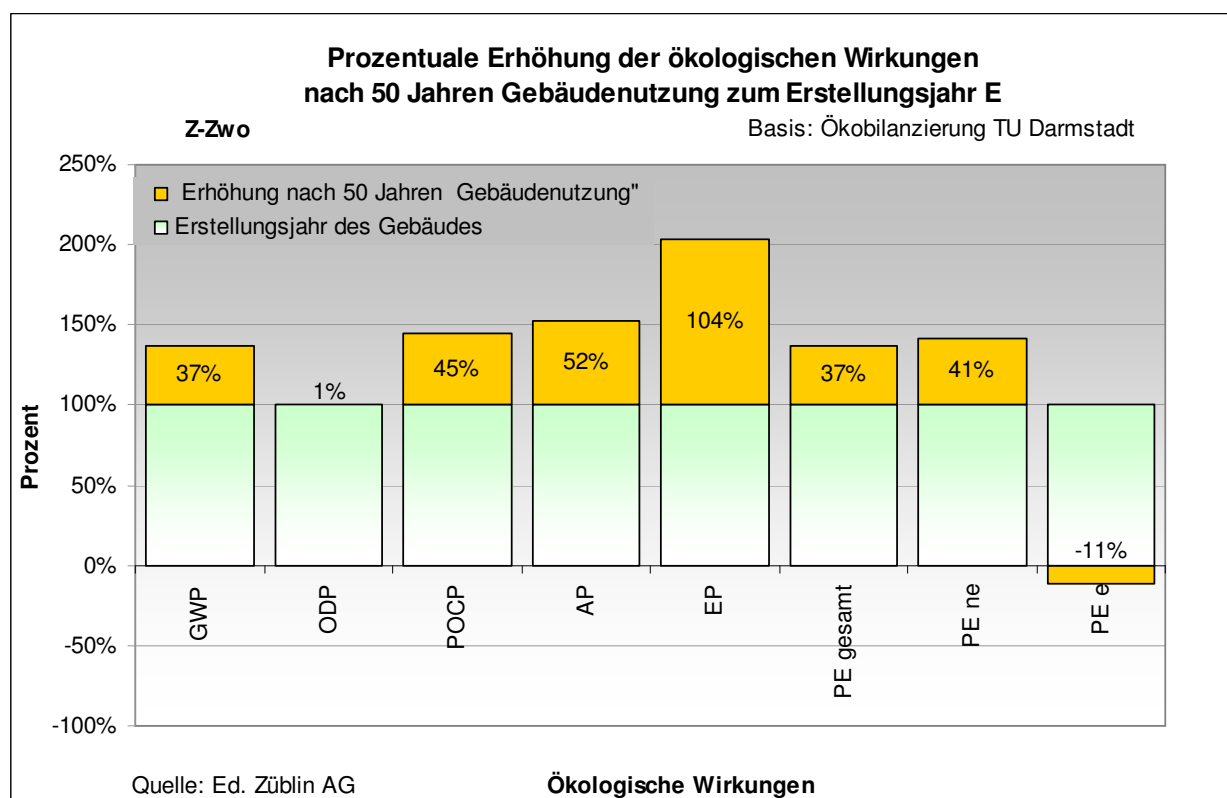


Abbildung 3.6.3.2.- 6: Gegenüberstellung der prozentualen Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 a

Die Aufstellung zeigt, dass sich die ökologischen Wirkungen bei fünf von acht Kriterien um ca. 37 % bis 52 % zum Erstellungsjahr E erhöhen.

Beim Ozonschichtabbaupotential ODP bleibt der Gesamtwert nahezu unverändert, während beim Eutrophierungspotential EP eine Verdoppelung des Ausgangswertes bei der Erstellung zu verzeichnen ist. Nur das Kriterium Primärenergiebedarf erneuerbar PE<sub>e</sub> weist eine Minderung von -11 % zum Erstellungsjahr E auf.

Die unten aufgeführte Abbildung 3.6.3.2-7 ist eine erweiterte Betrachtungsweise zur Abbildung 3.6.3.2.-6. Sie vergleicht die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) pro Bauteilkategorie.

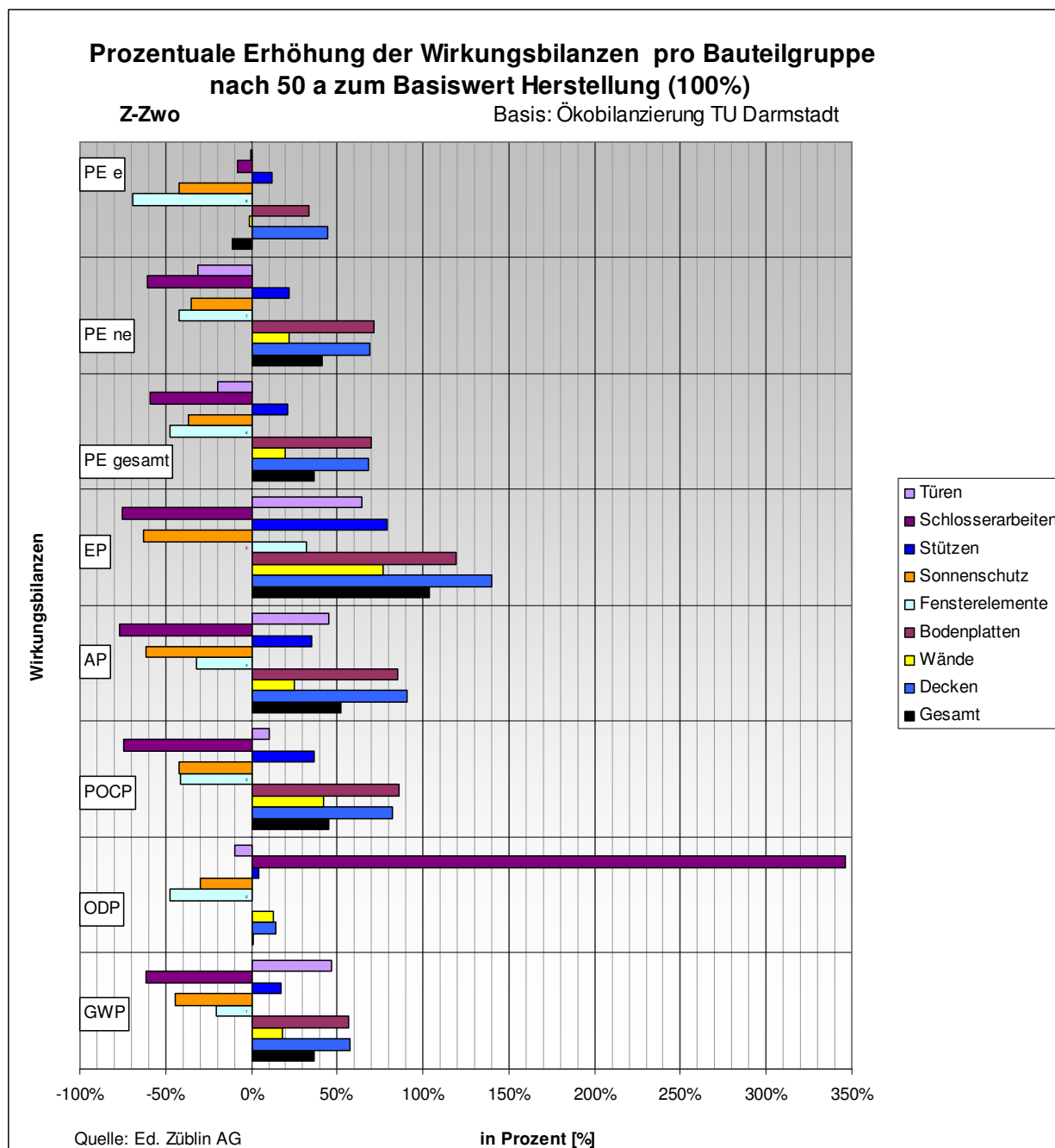


Abbildung: 3.6.3.2.- 7: Prozentuale Erhöhung der Wirkungsbilanzen pro Bauteilkategorie nach 50 Jahren Gebäudenutzung

Hier zeigt sich eindeutig, dass die Decken und Bodenplatten über alle Kriterien hinweg den größten prozentualen Anstieg zum Erstellungsjahr E aufweisen.

Dies kann an den jeweilig eingesetzten Materialien sein, aber auch vom projektspezifischen Flächenanteilen pro Bauteilkategorie liegen.

Die positiven Gutschriften der Bauteilkategorien Fensterelemente, Sonnenschutz und Schlosserarbeiten sind durch das Recyclingpotenzial des Metalls in der Phase des End-of-Life zu begründen.

Bewehrungsstahl in den Betonteilen sind aus Recyclingmaterial und erhalten deshalb in der Phase des End-of-Life keine Gutschriften.

Beim Ozonschichtabbaupotential ist der massive prozentuale Anstieg von 346 % der Schlosserarbeiten durch eine höhere Belastung im End-of-Life Szenario begründbar. Aufgrund seines geringen Flächenanteils zur Gesamtfläche des Gebäudes wirkt sich dieser massive Anstieg nach 50 Jahren auf das Gesamtergebnisses des Ozonschichtabbaupotentials nicht wesentlich aus.

### **3.6.3.3 Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien**

#### Ergebnisauswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Einführung

Die alleinige Zusammenfassung der Ergebnisse in Bauteilkategorien wie im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt umgesetzt, reicht nicht aus um Aussagen über den absoluten Einfluss der einzelnen Bauteile und Bauteilschichten zum gebäudespezifischen Gesamtergebnisses tätigen zu können. Daher sind weiterführende Auswertungen erforderlich.

Im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt sind unter Nr. 3.1 ff die ökologischen Wirkungen der Bauteilen nach Kriterien zusammengefasst. Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat uns diese Werte zur Verfügung gestellt, sodass die Firma Ed. Züblin AG weitere Auswertungen und Analysen vornehmen konnte.

Zusätzlich wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt, die ökologischen Wirkungen der einzelnen Bauteilschichten von 10 ausgewählten Bauteilen (siehe Anlage 2) aus allen drei Züblin - Forschungsprojekten zu beziffern (siehe Anlage 2). Das Ziel war den Einfluss der einzelnen Bauteilschichten festzustellen, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht zu finden.

### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilkategorien

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten Datensätze der ökologischen Wirkungen pro Bauteil wurden zuerst in folgende Datensätze zusammengefasst und ermittelt:

- ökologische Wirkungen pro Bauteil und Bauteileinheit (qm-Fläche bzw. lfm-Länge) , jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der gebäudespezifischen, ökologischen Wirkungen pro Bauteil unter Berücksichtigung seiner Bauteilmenge, jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der bauteilbezogenen Prozentualanteile zur Gesamtsumme aller Bauteilflächen und zur Gesamtsumme der jeweiligen ökologischen Wirkungen
- Sortierung der Bauteile nach ihrem prozentualen Gewichtsanteil
- Vergleich des rechnerisch, ermittelten Gesamtgewichtes aller Bauteile durch die TU Darmstadt mit den parallel durchgeführten Ermittlungen der Ed. Züblin AG. Der Vergleich ergab eine Abweichung von 0,28 %.

Auf Basis dieser erweiterten Datensätze wurden für alle Wirkungsbilanzen die gleichen Auswertungen durchgeführt. Der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar  $PE_{ne}$  und erneuerbar  $PE_e$  wurden zum Primärenergiebedarf gesamt  $PE_{ges}$  zusammengefasst. Sodass schlussendlich sechs Kriterien betrachtet werden (GWP, ODP, POCP, AP, EP,  $PE_{ges}$  ( $PE_{ne} + PE_e$ )).

Folgende Ziele wurden bei den Auswertungen verfolgt:

5. Vergleich und Feststellung der Bauteile mit den größten ökologischen Wirkungen pro m<sup>2</sup> Bauteilfläche bzw. pro lfm Bauteillänge
6. Vergleich und Feststellung der maßgeblichsten Bauteile auf das Gesamtergebnis „ der jeweiligen ökologischen Wirkungen“ des Z-Zwo's
7. Vergleich und Feststellung der ökologischen Wirkungen aller Bauteile in den Zeitphasen: Erstellungsjahr E sowie Instandhaltung mit End of Life-Szenarien
8. Festlegung, ob die Anzahl der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, ohne das Gesamtergebnis der ökologischen Bauteile wesentlich zu verfälschen.

Sämtliche Diagramm-Auswertungen sind in Anlage 3 zusammengefasst.

In der Abbildung 3.6.3.3.- 8 werden die bauteilbezogenen ökologischen Auswirkungen des Primärenergiebedarfs  $PE_{ges}$  pro  $m^2$  bzw. lfm Bauteileinheit gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind ihre jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteile zur Gesamtsumme  $PE_{ges}$  und zur Summe aller Bauteilflächen dargestellt.

Liegt der prozentuale Anteil „ $PE_{ges}$ “ bei einem Bauteil höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass die Wirkungsbilanz bei diesem Bauteil im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

Durch den zusätzlichen Vergleich der Balkenlängen mit ähnlichen Bauteilaufbauten kann bei starken Differenzen schnell analysiert werden, ob Berechnungs-/Eingabefehler vorliegen oder andere Ursachen maßgeblich für diese Differenz sein können, z.B. eine ökologisch ungünstige Bauteilschicht.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.3.3-8 a-c werden zusätzlich zum Kriterium Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  die Auswertungen der Kriterien Treibhauspotential GWP und Versauerungspotential AP aufgeführt, um die Schwankungsbreiten innerhalb der Kriterien aufzuzeigen.

Beim Vergleich der Diagramme ist auffällig, dass die größten Wirkungsbilanz-Anteile bei den Bodenplatten und Decken liegen. Innerhalb dieser Bauteilkategorien fallen insbesondere die Bodenplatte BoPI2 und die Decken DE8 und DE9 auf. Hier sind die Prozentualanteile zur Gesamt-Wirkungsbilanz höher als die Prozentualanteile zur Gesamtbauteilfläche.

Innerhalb der Bauteilkategorie Decken tragen wesentlich 4 von 9 Deckensystemen zur Gesamtwirkungsbilanz bei. Diese sind u.a. die Büro-Geschossdecken (DE7), die Decke zwischen Büro- und Tiefgaragengeschoss (DE8) und die Tiefgaragen-Zwischendecke (DE9).

Die Wandaufbauten spielen bei der Betrachtung der Wirkungsbilanzen eine untergeordnete Rolle. Sie weisen insgesamt zwar einen hohen Bauteilflächenanteil von 31,6 % auf, aber zum Gesamtergebnis der jeweiligen Wirkungsbilanzen sinkt dieser Anteil jedoch auf 13 bis 17 % ab.

Den geringsten Einfluss in allen drei Kriterien haben die Schlosserarbeiten SA sowie die Türen Tü 1.

Beim Vergleich der Balkendiagramme fällt auf, dass die ökologischen Auswirkungen pro Bauteil bei  $PE_{ges}$  und GWP ähnlich sind. D.h. die Verhältnisse der Balkenlängen untereinander sind ähnlich und weisen ein ähnliches Gesamt-Musterbild auf. Dagegen verändert sich das Musterbild beim Kriterium AP. Hier liegen die Schwerpunkte bei drei Bauteilen: Bodenplatte BoPI 2 sowie die Deckensysteme DE6 und DE8.

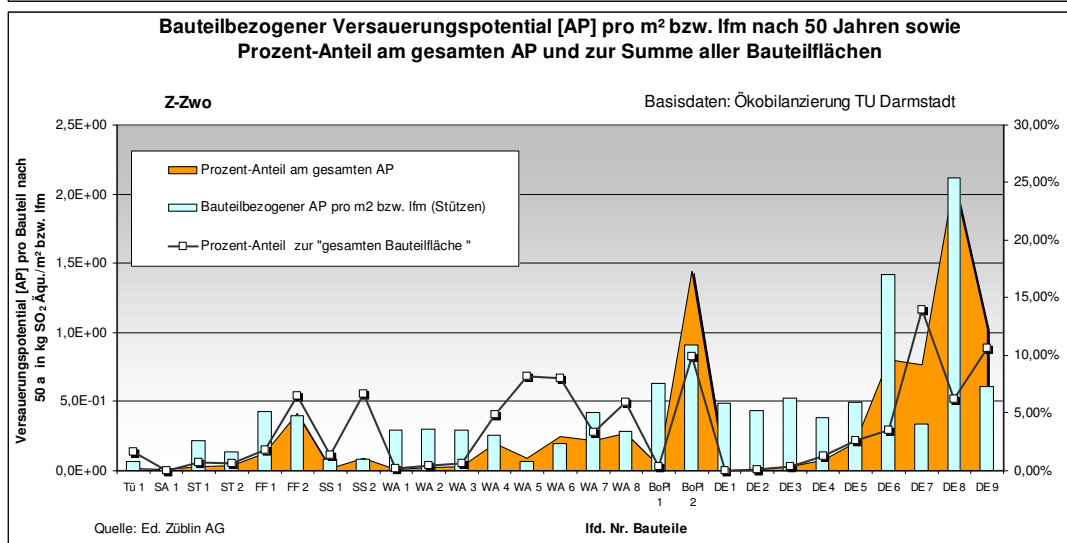
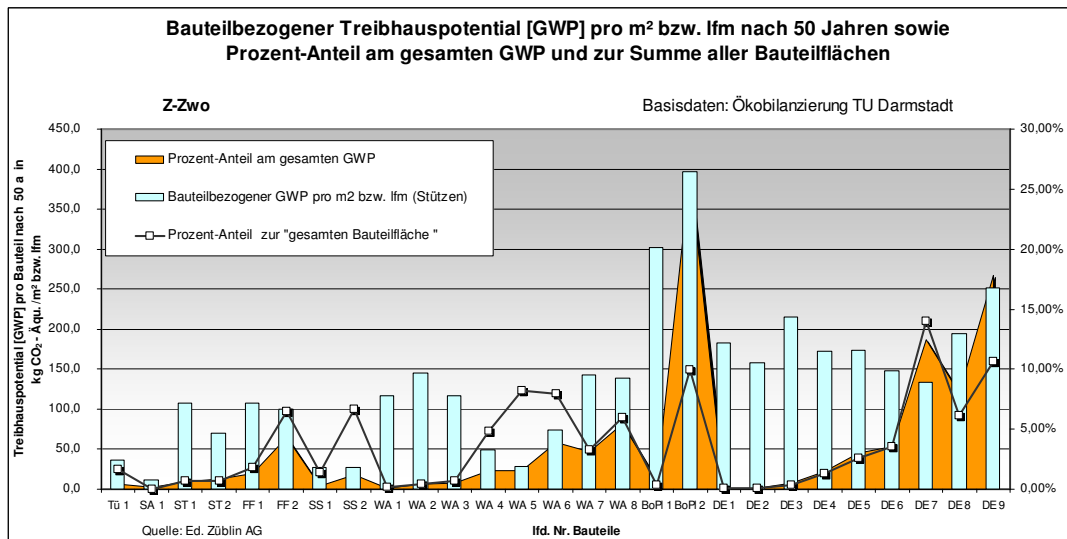
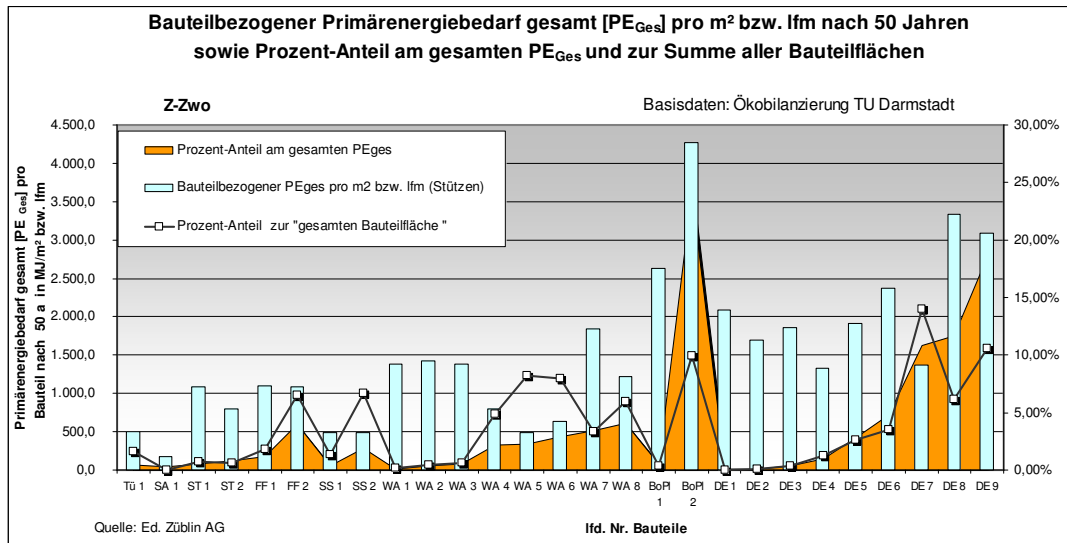


Abbildung: 3.6.3.3.- 8 a-c: Auszug aus dem Vergleich der ökologischen Auswirkungen pro Bauteilfläche/-länge nach 50 a zum gebäudespezifischen Prozentualanteil am Gesamtergebnisse bzw. zur Summe aller Bauteilflächen

In nachfolgender Abbildung 3.6.3.3.-9 sind die Anteile des Primärenergiebedarfs gesamt  $PE_{ges}$  bezogen auf die  $m^2$  NGF-Fläche (ohne Tiefgarage) im Erstellungsjahr und in der restlichen Gebäudenutzungsphase (Innovation und End of Life) gegenübergestellt.

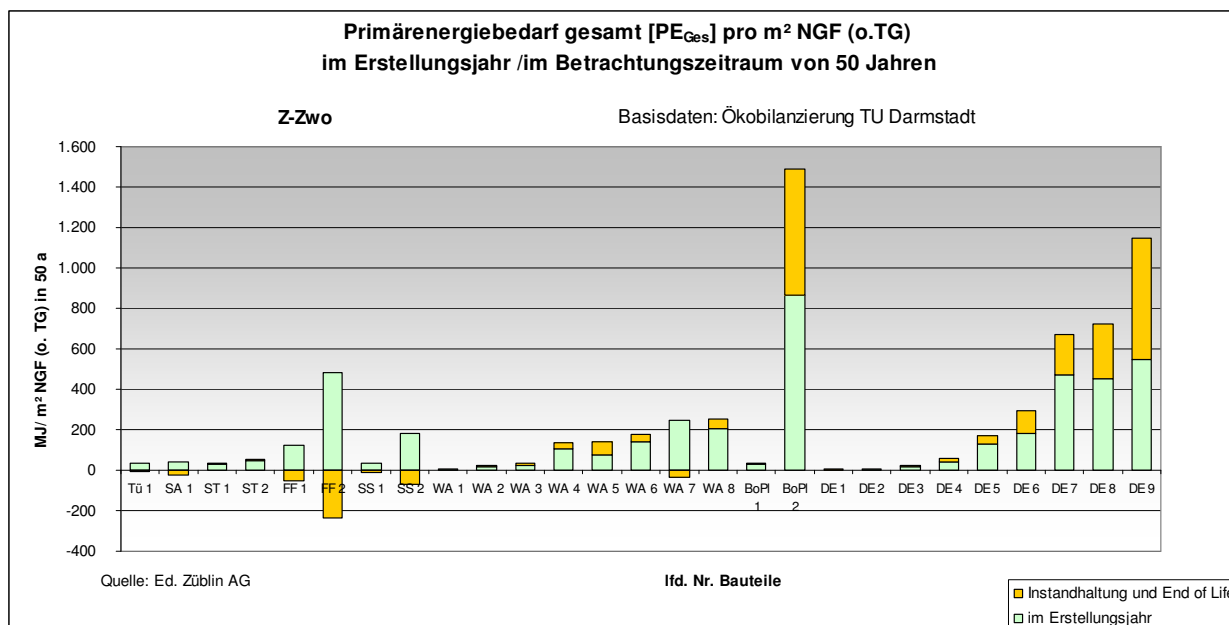


Abbildung: 3.6.3.3.- 9: Anteile am Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  pro  $m^2$ NGF im Erstellungsjahr E und in der restlichen Gebäudelaufzeit, inkl. End-of-Life (EOL)

Den größten Zuwachs zum Erstellungsjahr haben die Bodenplatte Bopl 2 und die Decke D9. Der Anteil beträgt zum jeweiligen Bauteil-Gesamtergebnis 42 bzw. 52 %. Beide Bauteile haben als Bodenbelag eine OS 11 Bodenbeschichtung.

Bei den Deckensystem DE6 und DE8 liegen die Anteile bei 30 bzw. 37 %.

Das Wandsystem WA5 (Gipskartonständerwände) verzeichnet den zweitgrößten Zuwachs zum Erstellungsjahr E. Sein Anteil zum Bauteil-Gesamtergebnis beträgt 47%. Zum Gesamtergebnisse des Gebäudes spielt jedoch das Wandsystem eine untergeordnete Rolle.

Das Fensterelement FF2 (1.OG - 5.OG) weist die größte Gutschrift pro  $m^2$  NGF auf.

Die Auswertungen für die Kriterien GWP, ODP, POCP, AP und EP sind in Anlage 3 aufgeführt.

Die nachfolgenden Abbildungen 3.6.3.3.-10 a-c summieren die bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen zum Gesamtwert „Wirkungsbilanz“ nach 50 Jahren Gebäudenutzung auf. Dabei wurden die Einzelwerte pro Bauteil nach Ihrer Gewichtung sortiert und aufaddiert.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Bauteile die größten Auswirkungen auf den Gesamtwert der jeweiligen Wirkungsbilanz aufweisen.

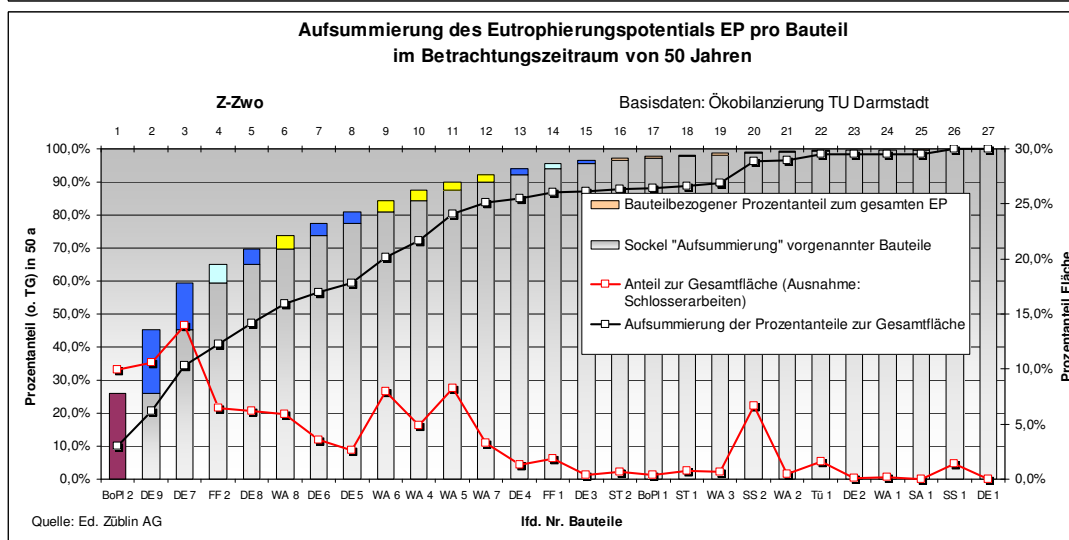
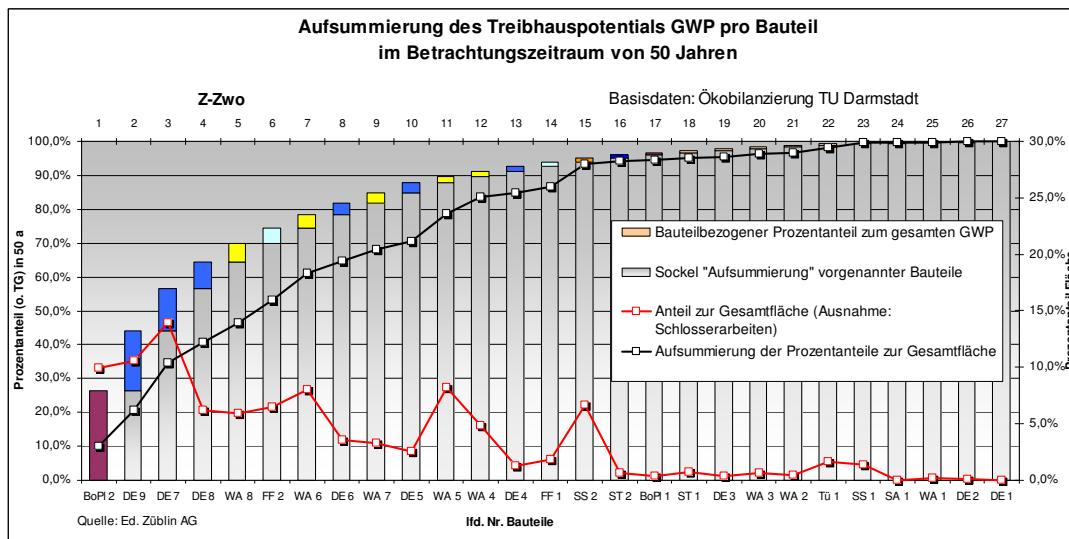
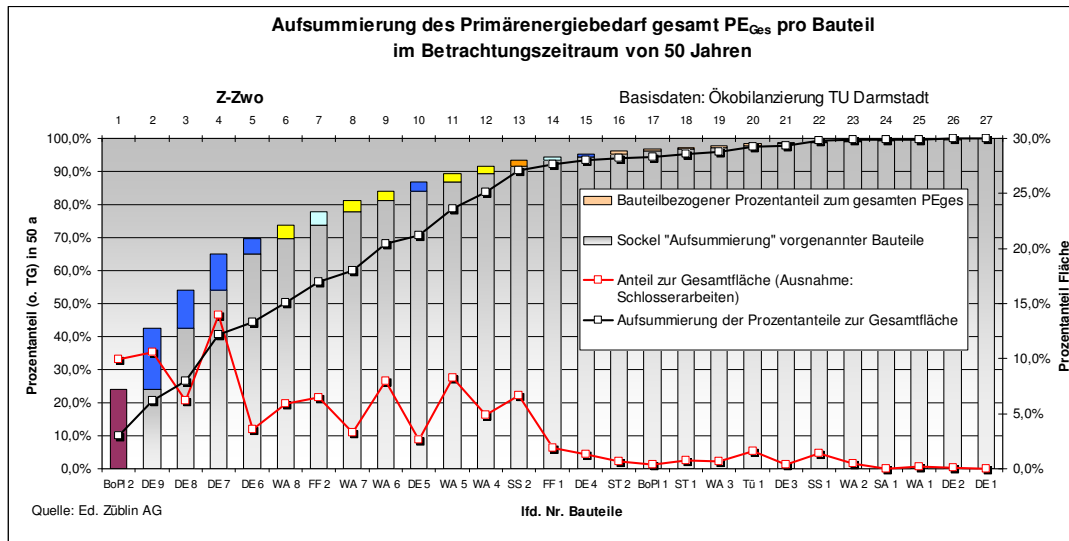


Abbildung: 3.6.3.3.- 10 a-c: Aufsummierung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen im Betrachtungszeitraum 50 a



Zusätzlich werden die jeweiligen, prozentualen Gewichtunganteile zur Gesamtfläche (rote Linie) pro Bauteil gegenübergestellt und in der schwarzen Linie aufsummiert.

Der Vergleich der drei Diagramme zeigt, dass die Reihenfolge der Bauteile bei allen drei Kriterien unterschiedlich sind, jedoch steigt bei allen drei Diagrammen der schwarze Kurvenverlauf „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ ähnlich an wie die Balkendiagramme „Aufsummierung der prozentualen Wirkungsbilanzanteile“.

Beim Diagramm PEges und GWP schneiden sich die Absolutwerte bereits ab dem 14. bzw. 15. Bauteil und verlaufen zum Schluss relativ parallel zu einander. Das gemeinsame Auftreffen der Absolutwerte liegt am Schnittpunkt: 90 %.

Beim EP beginnt dies jedoch erst ab dem 22. Bauteil. Zwischen den Bauteilen 14 bis 19 ist nahezu kein Anstieg am Gesamtflächenanteil der Bauteile zu verzeichnen.

Die Auswertungen zeigen, dass mit den Diagrammen keine absolute Aussage getätigt werden kann, ob der Anteil der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, um dennoch einen entsprechenden Genauigkeitsgrad der Gesamtwirkungsbilanz zu erreichen. Die Gründe liegen am unterschiedlichen Kurvenverlauf pro Kriterium als auch an der unterschiedlichen gewichteten Reihenfolge der Bauteile.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.3.3.-11 a-c erfolgt eine ähnliche Darstellung wie in den Abbildungen 3.6.3.3.-10 a-c.

Der Unterschied liegt darin, dass die Sortierung der Bauteile nach dem Prozentualanteil zur Gesamt-Bauteilfläche erfolgt und nicht nach ihren Gesamt-Wirkungsbilanzen.

Diese Auswertung ermöglicht, dass bei allen Kriterien die Reihenfolge der Bauteile unverändert bleibt und eine bessere Aussage zum Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung getroffen werden kann

Der Vergleich der Diagramme zeigt, dass bereits 13 von 27 Bauteilen 90 % der Gesamt-Bauteilfläche abdecken und der schwarze Kurvenverlauf „Aufsummierung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen“ bereits ab dem 14. bzw. 15. Bauteil parallel zum absoluten Balkendiagrammwert „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ verläuft.

Daraus lässt sich schließen, dass die Hälfte der 27 untersuchten Bauteile nur noch einen Anteil von unter 10 % auf den jeweiligen Gesamtwert der Wirkungsbilanz haben.

Folglich kann die berechtigte Frage aufgeworfen werden, ob der Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung wesentlich verbessert wird, wenn eine Ökobilanzierung statt den angesetzten 27 Bauteilen auf Basis einer noch genaueren und kleinteiligeren LV-Mengenermittlung erfolgt. [DGNB: Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11; Berechnungsgrundlage A1 und A2, Dezember 2008]

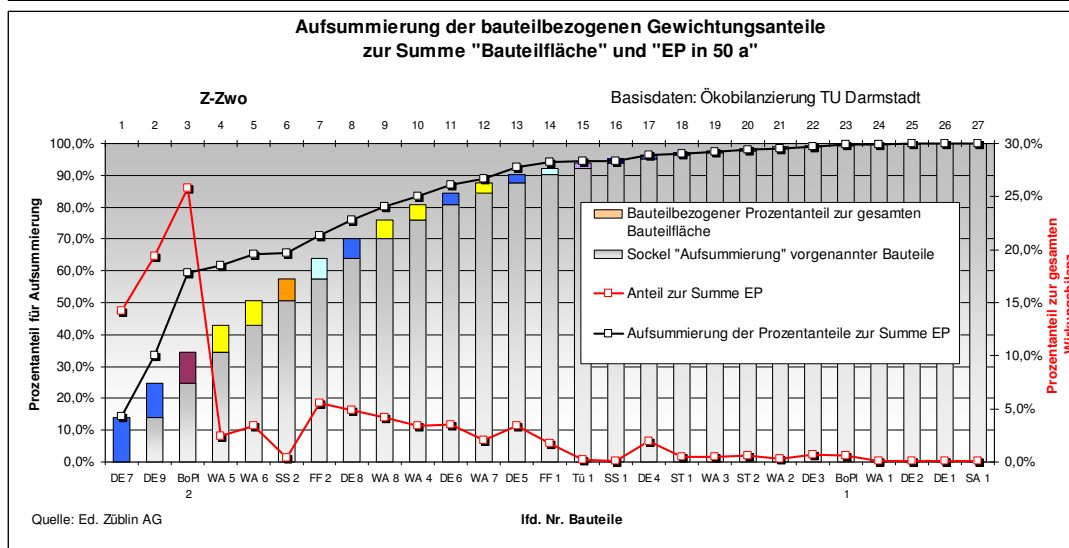
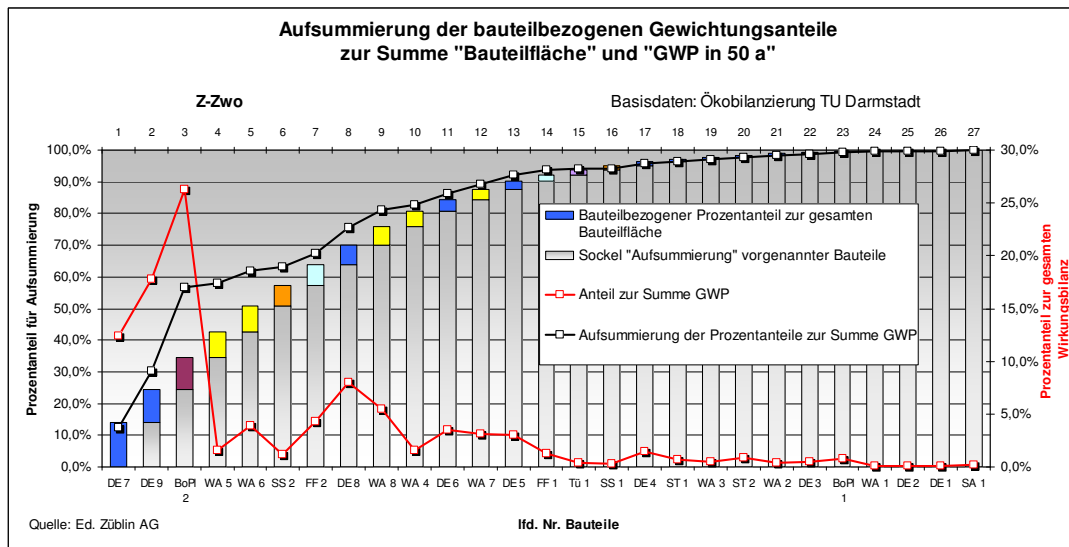
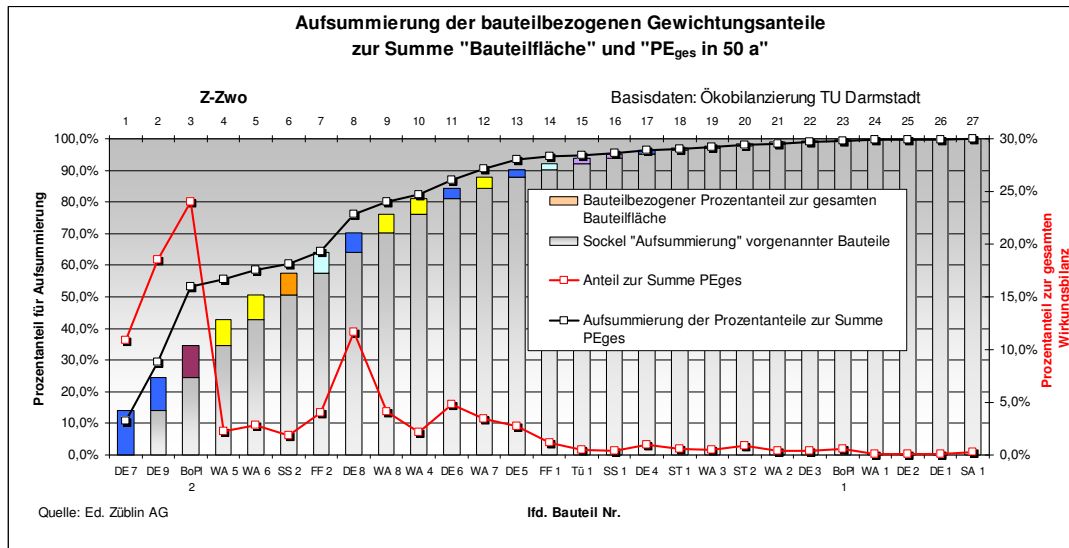


Abbildung: 3.6.3.3.- 11a-c: Aufsummierung der bauteilbezogenen Gewichtungsanteile zur Summe Bauteilflächen im Betrachtungszeitraum 50 a

In nachfolgender Abbildung 3.6.3.3.-12 sind die Bauteile DE7 bis SA 1 entsprechend ihrem Gewichtungsanteil an der Gesamtbauteilfläche von links nach rechts abfallend sortiert, analog den Abbildungen 3.6.3.3.-11 a-c.

In der Matrix sind sämtliche Bauteile farblich markiert, die den größten Einfluss zum Gesamtergebnis > 90 % bzw. 98 % der jeweiligen Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche haben.

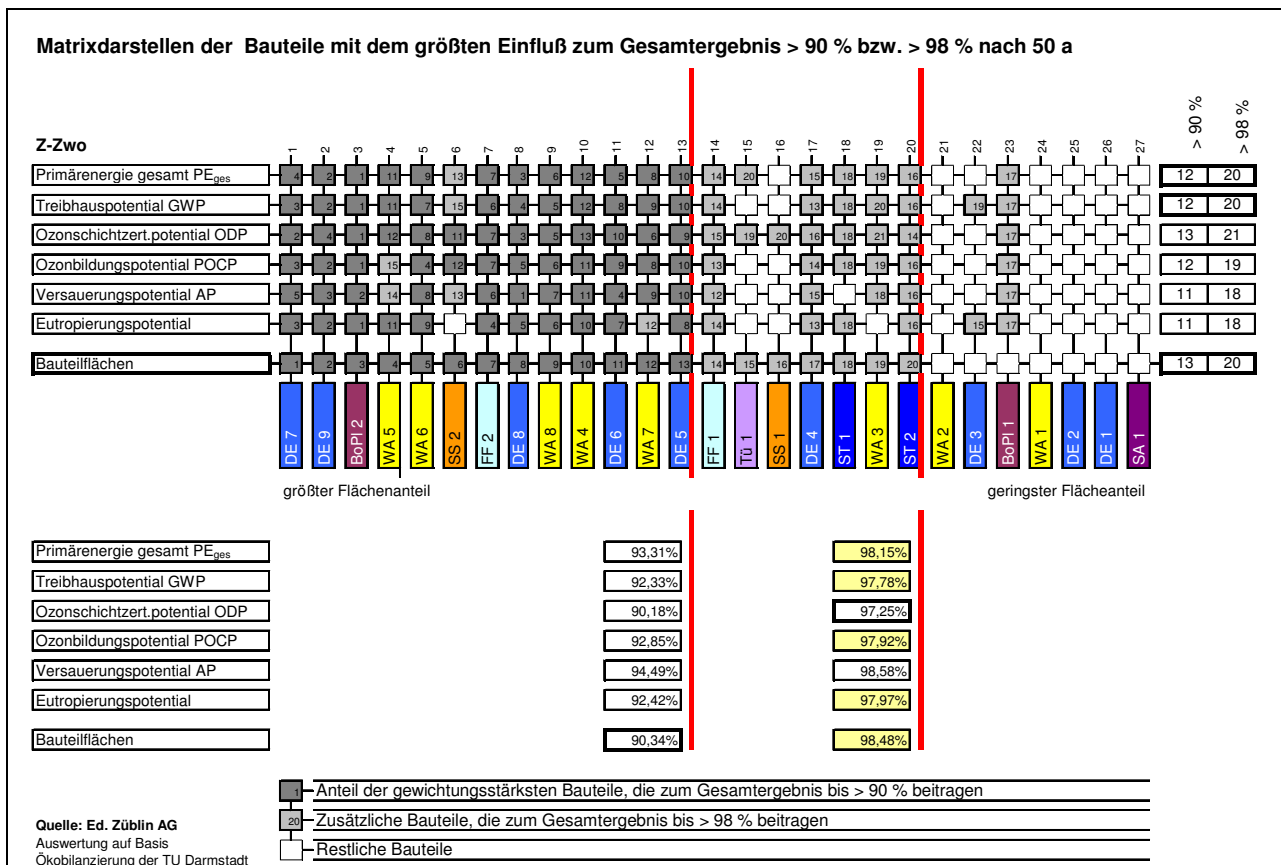


Abbildung 3.6.3.3.- 12: Matrixdarstellung mit Darstellung der Bauteile mit dem größten Einfluss nach 50 a – Z-Zwo

In der Matrix ist gut zu erkennen, dass an der 90 % Markierung der Gesamtbauteilfläche auch alle Bauteile der entsprechenden Wirkungsbilanz enthalten sind. Hier wären bei fast allen Kriterien (Ausnahme das Ozonschichtzerstörungspotential ODP) sogar weniger Bauteile erforderlich um 90 % ihrer Gesamt-Wirkungsbilanz zu erreichen. Dasselbe gilt für die 98 % Markierung. Bei allen müsste zwar nach Ihrem Gewichtungsanteil noch das Bauteil BoPI1 hinzugezählt werden, dennoch erreichen alle Bauteile knapp die 98 % Grenze, da statt des Bauteils BoPI1 das Bauteil SS2 in der Reihenfolge der Bauteilflächen eingeschlossen wird (Ausnahme ODP).

Der Prozentanteil der jeweiligen Wirkungsbilanzen liegt bei der 98 % Markierung zwischen 97,78 und 98,58 %. Der Prozentanteil liegt bei ODP mit 97,25 % am niedrigsten. Die

geringfügige Abweichung bei ODP ist jedoch zu vernachlässigen, da nach dem Kriteriensteckbrief Nr. 2 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen ( $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesem Kriteriensteckbrief die Datenbasis der Referenzwerte noch aufgebaut werden muss.

D.h. 7 von 27 Bauteilen haben nur einen Anteil von ca. ± 2 % an der jeweiligen Gesamt-Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche.

Eine Prioritätenfestlegung bei der Ökobilanzierung nach dem Gewichtungsanteil der Bauteile an der Gesamtbauteilflächen ist zulässig.

Die Abbildung 3.6.3.3.-13 stellt die Bauteile sortiert und aufsummiert nach ihrem Gewichtungsanteil an der Gesamtfläche im Vergleich zu ihrem Anteil der jeweiligen Wirkungsbilanz gegenüber.

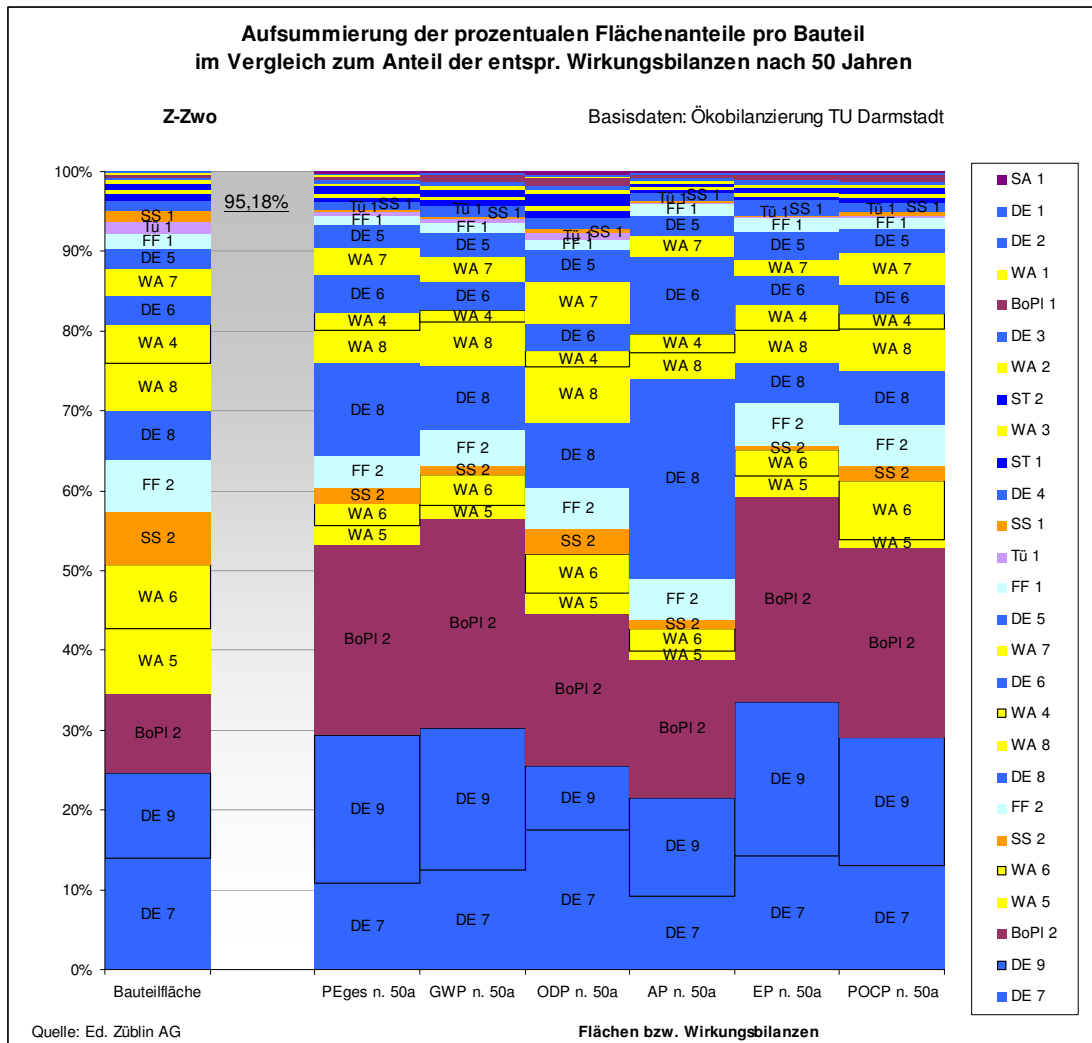


Abbildung: 3.6.3.3.-13: Schichtaufbau der ökologischen Wirkungsbilanzen sortiert nach dem Gewichtungsanteil der Bauteilflächen nach 50 a

Anhand des Schichtenaufbaus können die wechselnden prozentualen Bauteilanteile pro Wirkungsbilanz optischer und schneller abgelesen werden.

Zum Beispiel ist schnell erkennbar, dass die Schichtflächen der Bauteile DE8 (Decke über Tiefgaragendecke) und DE6 (Flachdach) bei der Wirkungsbilanz AP verhältnismäßig größer sind als bei den restlichen Wirkungsbilanzen. Der Grund liegt im Wesentlichen an den EOL-Szenarien der Dachabdichtungsaufbauten.

Der Schichtaufbau unterstreicht die zu den Abbildungen 11 a-c und 12 geäußerten Aussagen, dass ab der 90 % Grenze die Anteile der Wirkungsbilanzen drastisch abnehmen.

### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilschichten

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten ökologischen Wirkungen von 10 ausgewählten Bauteilen mit ihren einzelnen Bauteilschichten (siehe Anlage 2) wurden zuerst in folgende Datensätze zusammengefasst und ermittelt:

- Feststellung der 13 Bauteile, die 90 % der Gesamtbauteilflächen erreichen (s. Abbildungen 10 a-c, 11 und 12)

Dies betrifft folgende 13 Bauteile von Z-Zwo:

DE7, DE9, BoPI2, WA5, WA6, SS2, FF2, DE8, WA8, WA4, DE6, WA7 und DE5

- Ermittlung der ökologischen Wirkungen pro Bauteil und ihre Bauteilschichten, jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung, auf Basis der vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten prozentualen Gewichtsanteile pro Bauteilschicht (siehe Anlage 4, S. 1-13).

Dies betrifft folgende 7 der obengenannten 13 Bauteile des Z-Zwo's:

BoPI2, WA5, FF2, WA4, DE6, WA7 und DE5

- Ausweitung dieser Analyse auf die restlichen 6 Bauteile DE7, DE9, WA6, SS2, DE8, WA8, von denen keine erweiterten Datensätze vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt vorliegen.

Die Ermittlung der prozentualen Anteile der Bauteilschichten erfolgte dabei auf Basis ähnlicher Bauteilschichten aus den zusätzlichen Datensätzen des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt (siehe Anlage 4, S. 1-13).

Bei allen Bauteilen stimmen die simulierten Werte der Wirkungsbilanzen mit den Istwerten überein. Ausgenommen beim Bauteil DE9 hier wurde ein Genauigkeitsgrad von 0,1 bis 0,6 % und beim Bauteil W8 von 0,4 bis 2,8% erreicht. Die Fläche des Bauteils W8 hat nur einen Flächenanteil von ca. 4,8 % zur Gesamtfläche, sodass die nachfolgenden Ergebnisse, trotz des etwas höherem Ungenauigkeitsgrads von WA8, ausreichend sind, um aussagekräftige Festlegungen definieren zu können.

- Zuordnung der Bauteilschichten nach Gewerken sowie nach Materialgruppen (Beton, Metalle + Bewehrung, Dämmung, Glas und Rest)
- Zusammenfassung der Ergebnisse entsprechend den Gewerke- und materialspezifischen Verteilungen wie folgt (siehe Anlage 4, S. 14-20):
  - Bauteilflächen
  - Gewicht
  - den Kriterien PE<sub>ges</sub>, GWP, ODP, POCP, AP und EP

Folgende Ziele wurden bei den Auswertungen verfolgt:

1. Vergleich und Feststellung der Materialien mit den größten ökologischen Wirkungen nach Materialhauptgruppen und Gewerken
2. Findung von Optimierungspotentialen in ökologischer Hinsicht
3. Ausblick künftiger Maßnahmen

In Abbildung 3.6.3.3.-14 sind die Ergebnisse pro Kriterium, Materialgruppen und Zeitphase der 13 Bauteile zusammengestellt. Dabei werden die Prozentualanteile der Einzelwerte dem Gesamtwert (100 %) der 13 Bauteile gegenübergestellt.

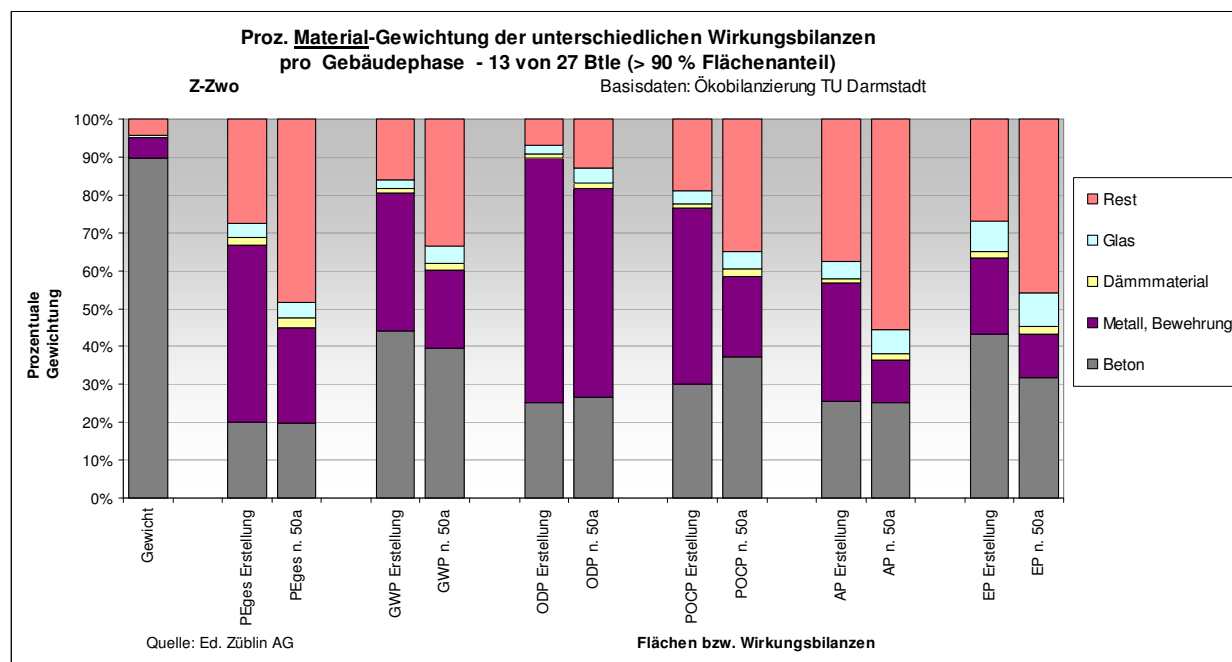


Abbildung: 3.6.3.3.- 14: Prozentuale Gewichtung der Materialgruppen der 13 von 27 Bauteile pro Kriterium und Zeitphase im Vergleich zum Gewichtsanteil

Die 13 Bauteile nehmen ca. 90% der Gesamtbauteilflächen und ca. 92 % der Gesamtbauteilmassen ein. Die prozentuale Verteilung der Materialgruppen entspricht nahezu der Verteilung der 27 Bauteile (siehe Nr. 1.3). Die Anteile betragen im o.g. Diagramm:

Beton: 89,7 %, Metall und Bewehrung: 5,34 %, Dämmmaterial und Glas: 0,56 %; Rest: 4,40 %.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass der Anteil der Restbaustoffe nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Gesamtwert merklich ansteigt. Der Prozentualanteil des Betons an den Gesamt-Wirkungsbilanzen schwankt am Ende der Gebäudelaufzeit zwischen 20 bis 40 % und entspricht nicht dem Betongewichtsanteil von rund 89,7 %.

In nachfolgender Abbildung 3.6.3.3.-15 erfolgt eine ähnliche Darstellung wie in der Abbildung 3.6.3.3.-14.

Der Unterschied liegt darin, dass die Prozentualanteile der Gewerke, und nicht die der Materialgruppen pro Kriterium, aufgezeigt werden.

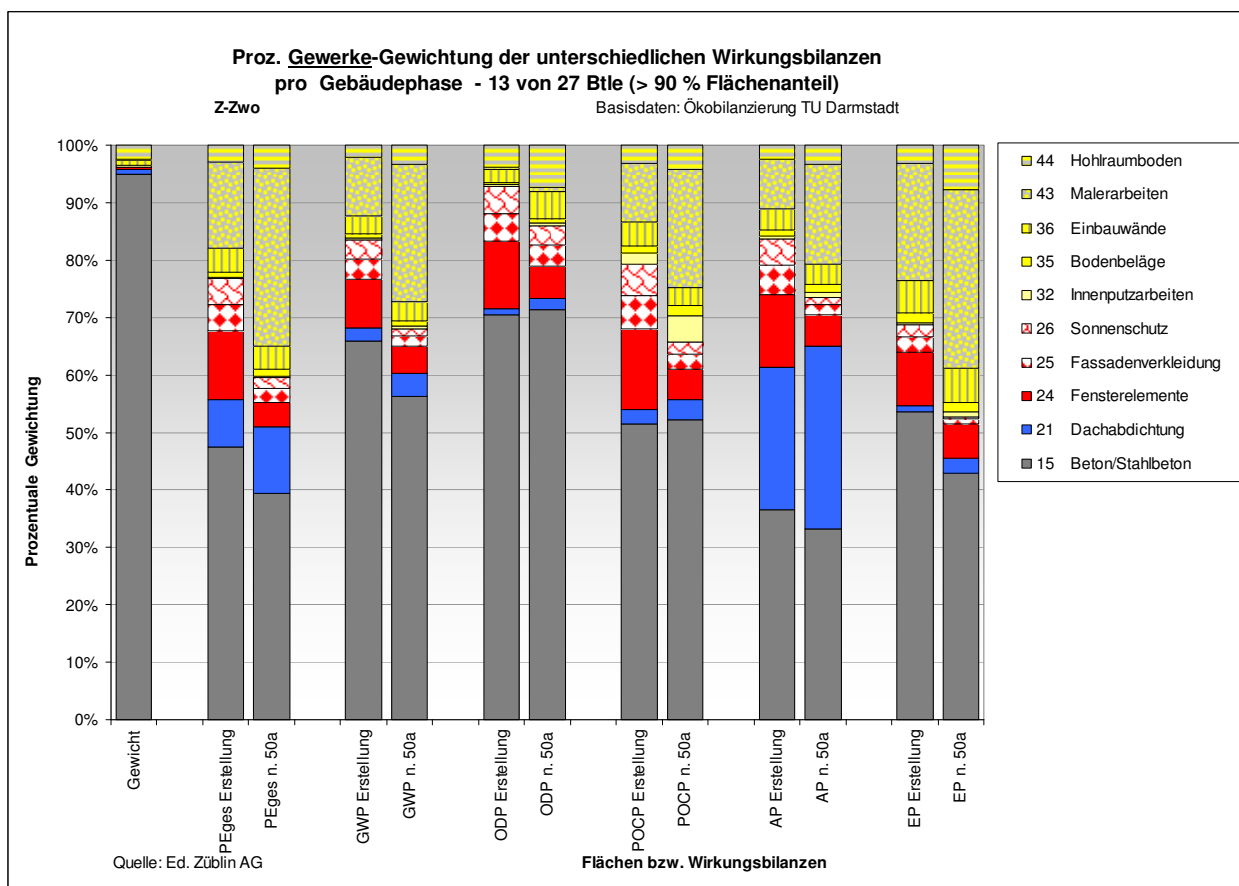


Abbildung: 3.6.3.3.- 15: Prozentuale Gewichtung der Gewerke der 13 von 27 Bauteilen pro Kriterium und Zeitphase im Vergleich zum Gewichtsanteil

Die Gegenüberstellung zeigt, dass das Gewerk Malerarbeiten die wesentliche Ursache für den hohen Anteil der Materialgruppe „Restbaustoffe“ am Gesamtwert der Wirkungsbilanzen ist. Der Prozentualanteil des Gewerks Beton an den Gesamt-Wirkungsbilanzen schwankt am Ende der Gebäudelaufzeit zwischen 35 bis 70 % und entspricht nicht dem Betongewichtsanteil von rund 95 % (hier: inkl. Bewehrung).

Die Abbildungen 3.6.3.3.-14 und -15 weisen bereits auf die schwerpunktmäßigen unterschiedlichen Gewichtsanteile der Materialgruppen und Gewerke hin. Aufgrund des Bezugs auf 100 % des Gesamtwerts der 13 Bauteile, kann allerdings keine Aussage getätigt werden, ob z.B. die Wirkungsbilanzen des Betons zwischen Erstellung und Endphase zu- oder abnimmt, da die absoluten Gewichtsanteile immer von den Werten der restlichen Baustoffe bzw. Gewerken abhängt. Steigen z.B. die Malerarbeiten bis zur Endphase verhältnismäßig hoch an, so werden die Anteile der restlichen Gewerke geringer.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.3.3.-16 und -17 werden die absoluten Werte der 13 Bauteile am Beispiel des Primärenergiebedarfs gesamt  $PE_{ges}$  jeweils untergliedert in Gewerke in den Zeitphasen Erstellung und nach 50 Jahren Gebäudenutzung gegenübergestellt.

Mit dem Vergleich der beiden Abbildungen können die tatsächlichen Anstiege der Gewerke pro Bauteil zwischen Erstellung und nach 50 jähriger Gebäudenutzung abgeleitet werden.

Folgende Aussagen können beim Vergleich der Abbildungen 3.6.3.3.-16 und -17 festgehalten werden:

- Den größten Zuwachs verzeichnen die Bauteile DE9 (Tiefgaragen-Zwischendecke), Bopl2 (Tiefgaragen-Bodenplatte) und DE8 (Flachdach über Tiefgarage).

Der Zuwachs wird maßgeblich durch die dominanten Anteile der Bodenbeschichtung OS 11 bei DE9 und BoPI2 bestimmt. Der Anteil des Stahlbetons rückt dabei an zweiten Stelle.

- Die positiven Gutschriften der Bauteile Fensterelemente FF2, Sonnenschutz SS2 und Außenwand mit vorgehängter Metallfassade WA7 sind durch das Recyclingpotenzial des Metalls in der Phase des End-of-Life zu begründen.
- Die Wand WA5 (Gipskartonständerwand) trägt einen vernachlässigbaren Anteil zum absoluten Primärenergiebedarf nach 50 Jahren Gebäudenutzung bei, obwohl die Wand den viertgrößten Flächenanteil hat.
- Die Decke DE8 (Flachdach über Tiefgarage) hat einen höheren Absolutwert an  $PE_{ges}$  als die Decke DE6 (Flachdach über Obergeschoss). Die Gründe liegen an der größeren Fläche DE8 als DE6 und am höheren Anteil an bituminösen Baustoffen.



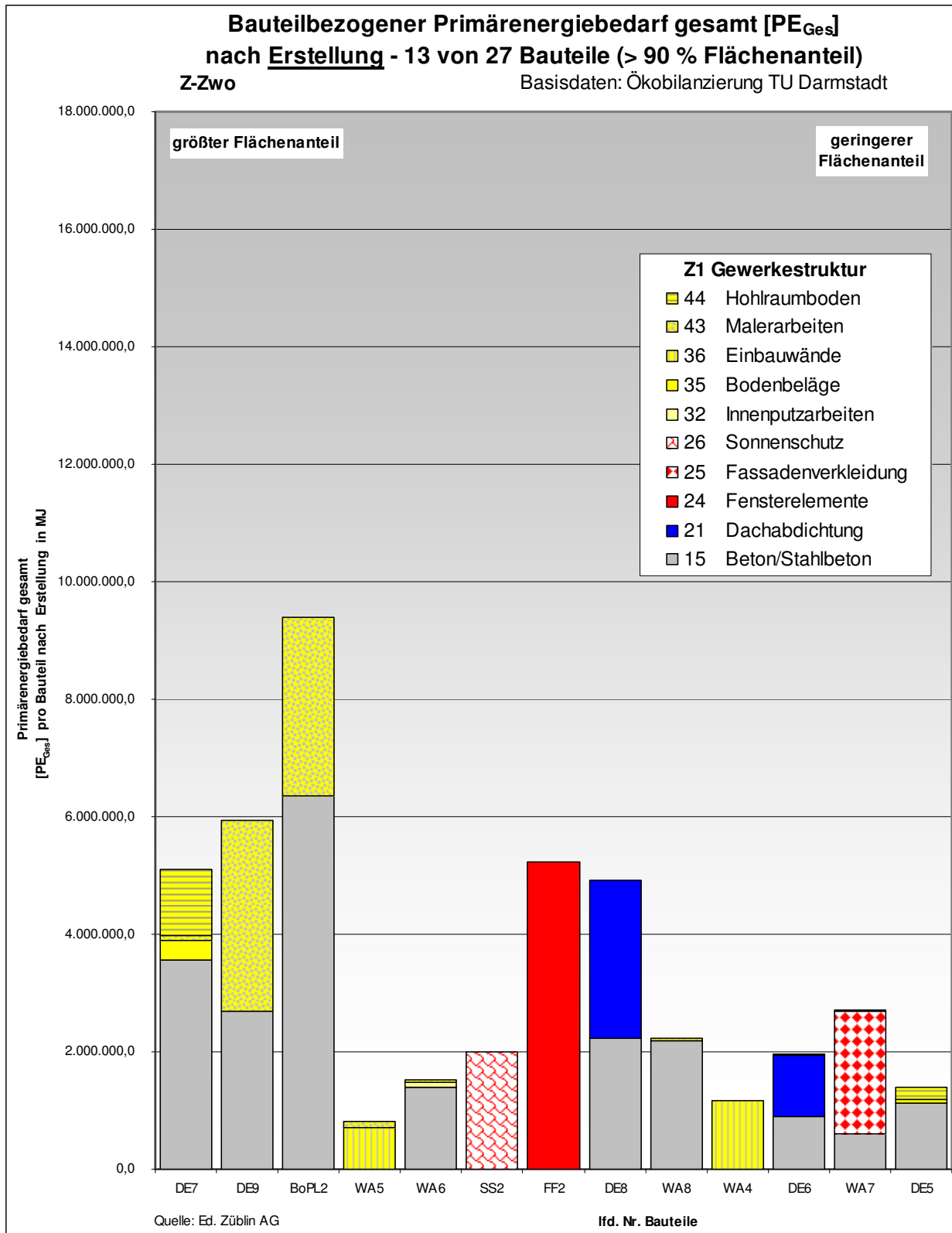


Abbildung: 3.6.3.3.-17: Bauteilbezogener Primärenergiebedarf gesamt PE<sub>ges</sub> untergliedert in Gewerken  
in der Zeitphase der Herstellung E

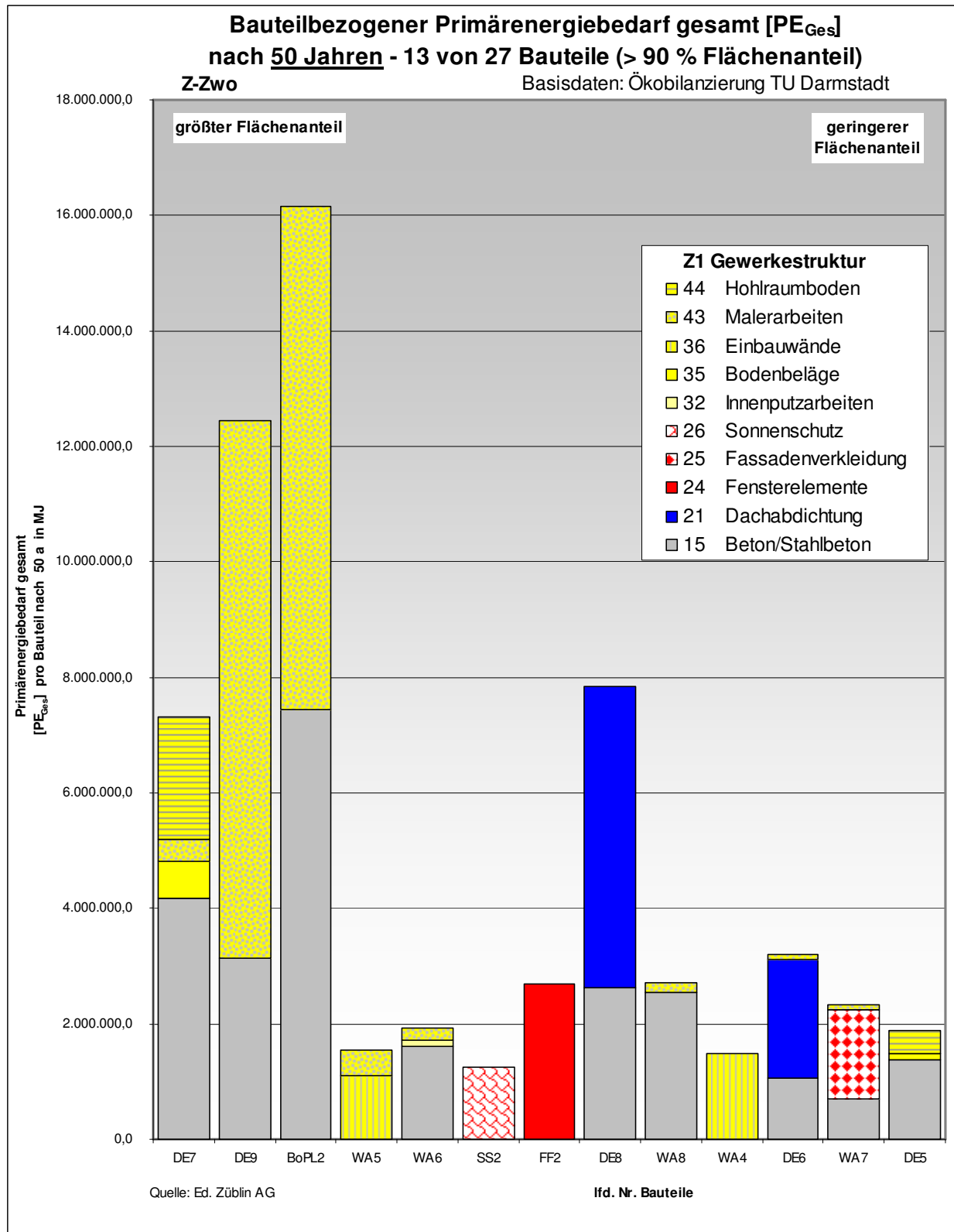
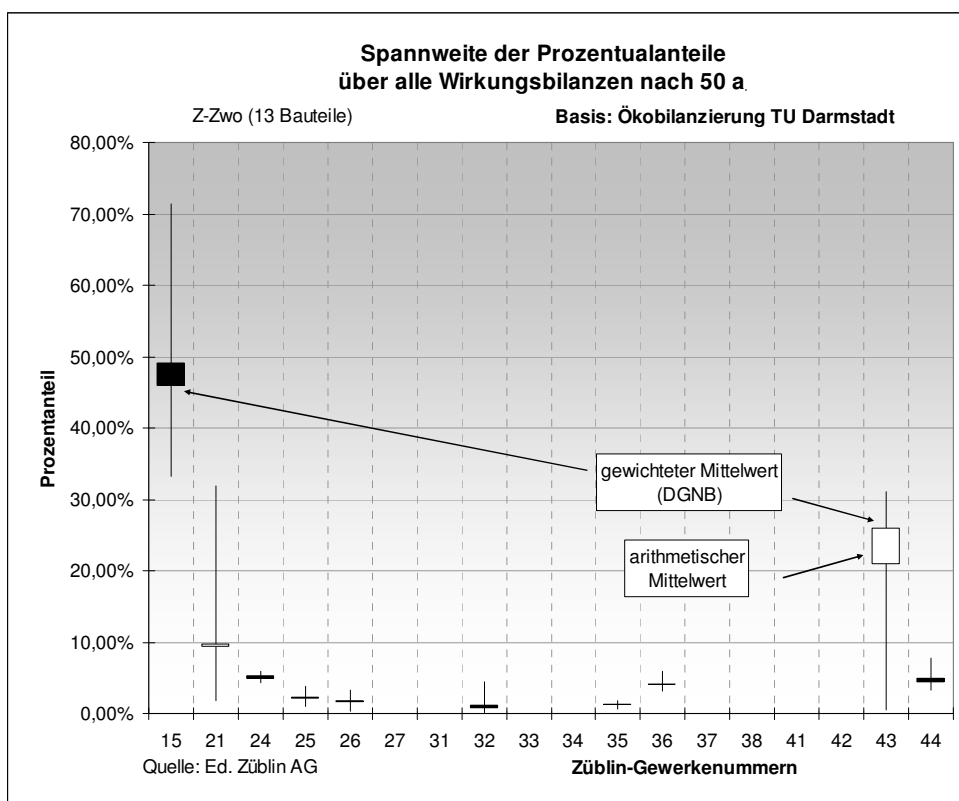


Abbildung: 3.6.3.3.- 18: Bauteilbezogener Primärenergiebedarf gesamt PE<sub>ges</sub>, untergliedert in Gewerken  
in der Zeitphase n. 50 Jahre Gebäudenutzung

Die Optimierungsansätze müssen immer gebäudespezifisch betrachtet werden.

Die Optimierungspotentiale des Z-Zwo's in der Phase zwischen Erstellung und 50 jähriger Gebäudenutzung beschränken sich auf die Bodenbeschichtungen bei DE9 und BoPI2 sowie auf die Abdichtungsaufbauten bei DE8 und DE6.

Typische Baustoffe, die in regelmäßigen Zyklen erneuert werden wie Dispersionsfarben (DE7, WA5, WA6, WA8, DE6, WA7, DE5) und Teppichböden (DE7) fallen im Gesamtergebnis nicht ins Gewicht. Diese Aussage wird auch nicht geändert, wenn der Eingabefehler der TU Darmstadt beim Instandhaltungsintervall der Teppichböden von 40 Jahre auf 10 Jahre korrigiert werden würde.



**Z1 Gewerkenummern:**

- 15 Beton/Stahlbeton
- 21 Dachabdichtung
- 24 Fensterelemente
- 25 Fassadenverkleidung
- 26 Sonnenschutz
- 27 Außenputz
- 31 Werksteinarbeiten
- 32 Innenputzarbeiten
- 33 Estrich
- 34 Fliesen- / Plattenarbeiten
- 35 Bodenbeläge
- 36 Einbauwände
- 37 Abgehängte Decken
- 38 Türen / Tore + Sonstiges
- 41 Metallbau und Schlosser
- 42 Tischlerarbeiten
- 43 Malerarbeiten
- 44 Hohlraumböden

Abbildung: 3.6.3.3.- 19: Spannweite der Prozentualanteile über alle Wirkungsbilanzen nach 50 Jahren auf 13 Bauteile. Gewichteter Mittelwert: Berücksichtigung des Gewichtungsanteil innerhalb der Stb 1-5, 10+11 (siehe Abb. 3.6.3.3.-4)

Die Bodenbeschichtung OS 11 beeinflusst die Ansätze bei der Findung von Optimierungspotentialen. Hier ist nochmals zu klären, ob die hier tatsächlich angesetzten EPDs der Bodenbeschichtung OS 11 realistisch sind. Bereits bei den Teppichklebern erfolgte eine Korrektur. Zuerst wurden sehr hohe EPDs prognostiziert, die sich dann später wesentlich nach unten relativiert wurden. Die Folge ist, dass die Teppichkleber in obengenannten Wirkungsbilanzen keinen wesentlichen Einfluss mehr haben.

Des Weiteren sollten die EPDs in der Ökobaudat dringend auf typische Baustoffe von Verwaltungsbauten (Hohlraumboden, Pfostenriegelkonstruktionen, vorgehängte Metallfassaden) ergänzt werden.

Erst nach Erweiterung geeigneter EPDs typischer Verwaltungsbaustoffe und Findung relevanter Gefahren-Baustoffe mit kleinem Flächenanteil können o.g. Auswertungen bestätigt werden.

#### Auswertung der externen Ökobilanzierung mit der Bewertungsmatrix des DGNB - Einführung

In den ökologischen Steckbriefen 1-5, 10+11 erfolgen die Punktebewertungen immer in Kombination der Ökobilanzierungen der Baukonstruktionen und TGA mit der Ökobilanzierung der Nutzung (Energie).

Im Nachfolgenden erfolgt der Vergleich der Einzelkennwerte K (Bauwerk) und N (Betrieb) der ökologischen Steckbriefe 1-5, 10+11 mit Findung eines Bewertungsschemas für alle Gebäude.

Des Weiteren erfolgt die Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden. Daraus sollen erforderliche Arbeitsschritte für AP5 festgelegt werden, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der Arriba - basierenden Kalkulation zu erreichen, siehe hierzu Kap. 3.6.5.

#### Vergleich der Ergebnisse Ökobilanzierung TU Darmstadt / Ed. Züblin AG

Um eine Anbindung der Ökologischen Daten an das Projektkenndatenblatt zu erreichen und die Findung der erforderlichen Arbeitsschritte im Zuge einer automatischen Ökobilanzierung während einer Arriba – basierenden Kalkulation zu erreichen, war eine eigenständige Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG erforderlich.

Die Ökobilanzierung erfolgte auf denselben vorgegebenen Bauteilaufbauten AG und nach den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 (Dezember 2008). Die EPDs wurden konsequent aus der Ökobaudat des BMVBS (Dezember 2008) entnommen und die Instandhaltungsintervalle erfolgten auf Basis des Leitfadens für Nachhaltigen Bauens [Bundesamt für Bauwesen: Leitfaden für Nachhaltiges Bauen, 2001, Kap. 7.1].

Die Ökobaudat führt im Anfangsstadium eine noch begrenzte Anzahl EPDs von typischen Baustoffen auf. Z.B. liegen keine EPDs für Bodenbeschichtungen OS11 und Teppichkleber vor.

Daher wurde in einer zweiten Variante die Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG um die EPDs der Bodenbeschichtung OS11 und des Teppichklebers erweitert.

In der nachfolgenden Abbildung 3.6.3.3.-19 sind die prozentualen Abweichungen beider Variantenergebnisse zur Ökobilanzierung des Instituts für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt gegenübergestellt.

Im Diagramm ist ersichtlich, dass die Variante 1 ohne Berücksichtigung der EPDs „OS11 Beschichtung und Teppichkleber“ bei fast allen Kriterien die Gesamtergebnisse unterschreitet. Beim Überdungspotential EP ist eine Überschreitung von über 65 % zu verzeichnen.

Die Prozentualen Abweichungen ändern sich bei Variante 2 unter Berücksichtigung der EPDs „OS11 Beschichtung und Teppichkleber“. Hier werden die Gesamtergebnisse der TU Darmstadt bei 5 Kriterien überschritten.

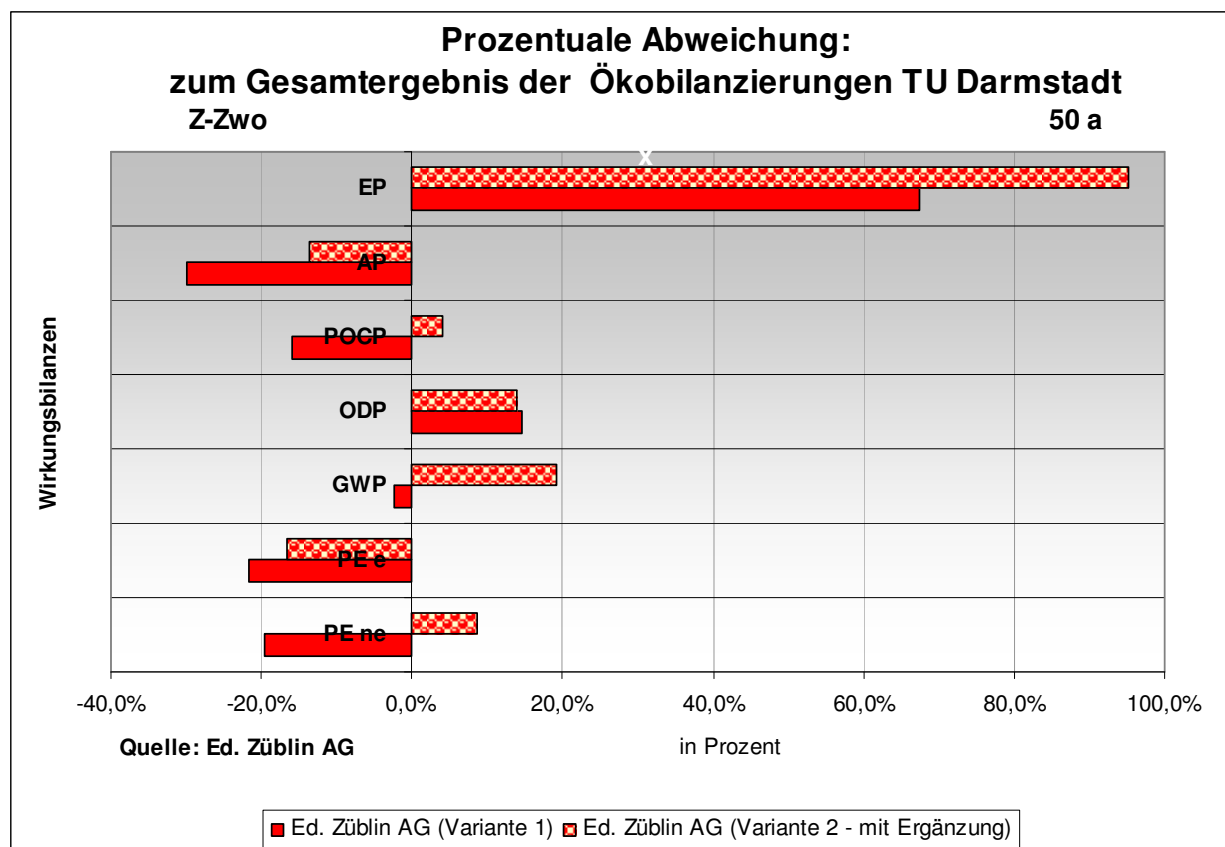


Abbildung: 3.6.3.3.-19: Prozentuale Abweichungen der Ökobilanzierungen der Ed. Züblin AG

Die Gesamtergebnisse des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt und der Ed. Züblin AG wurden im Diagramm verglichen, um die Schwankungsbreiten unterschiedlicher Ansätze darzustellen.

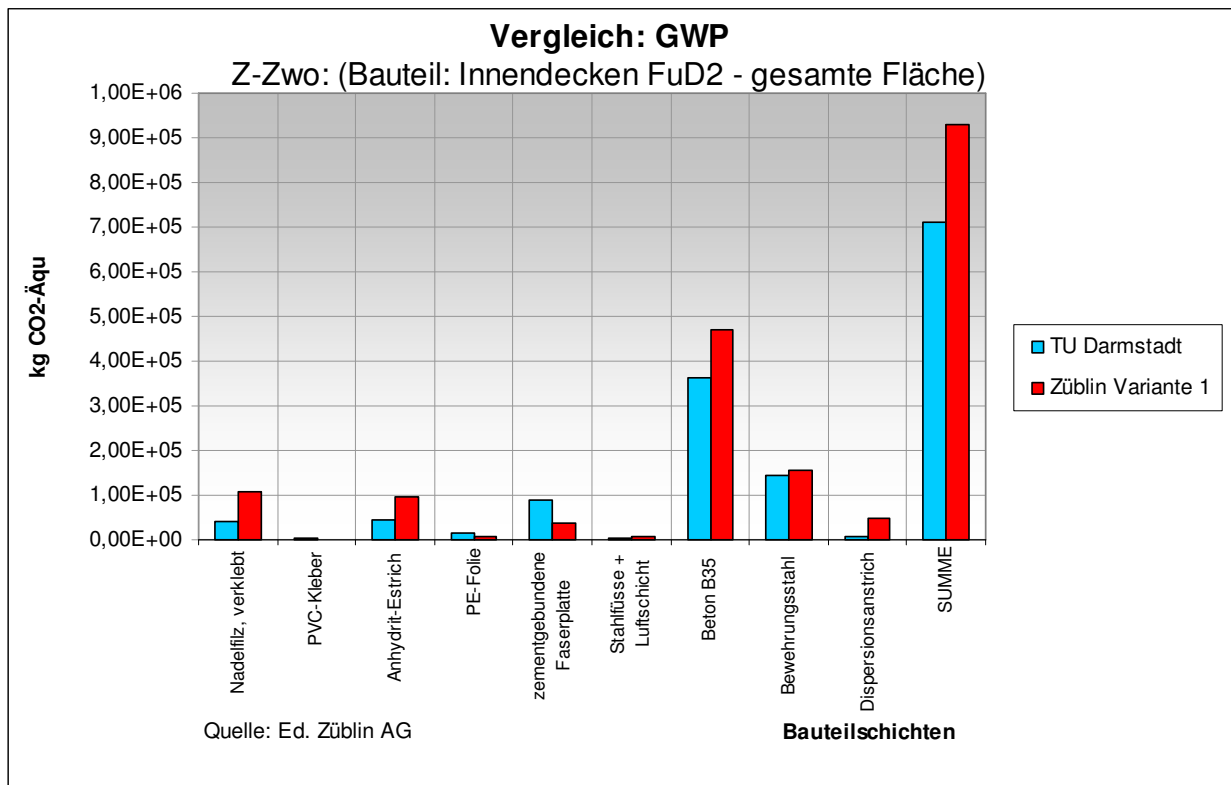
Aufgrund fehlender Datengrundlagen der TU Darmstadt konnten Einzelschritte nicht verglichen werden. Da die Berechnung der Ed. Züblin AG vorrangig als Vorarbeit für die Anbindung an das firmeneigene Projektkennndatenblatt ist, wurde auf weitere Untersuchungen verzichtet.

Die EPD des Betons von Ed. Züblin AG entstammt der Ökobau.dat 2010. Eingabefehler durch Ed. Züblin AG konnten nicht festgestellt werden.

Dennoch können folgende Aussagen getätigt werden:

- Trotz „vereinfachter“ Berechnungsmethodik durch Ed. Züblin AG, wurden ungünstigere Werte für den Baukörper ermittelt als TU Darmstadt (Variante 2)
- Die Schwankungsbreiten beeinflussen folglich auch unterschiedliche Punktzahlen in den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11

In nachfolgenden Abbildungen 3.6.3.3.-20 a-b sind nochmals am Beispiel der Büro-Zwischendecke DE7 (FuD2) die Einzelergebnisse der Kriterien GWP und EP gegenübergestellt.



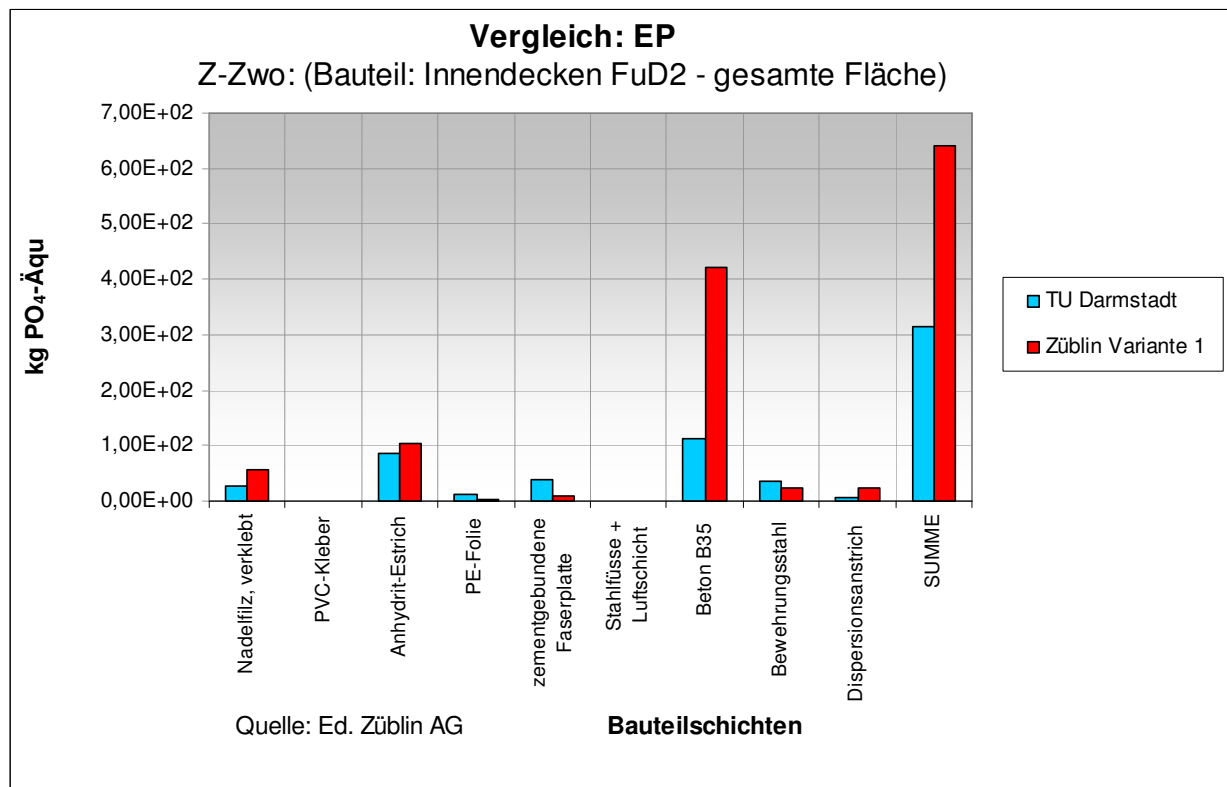


Abbildung: 3.6.3.3.-20 a-b: Gegenüberstellung der Ökobilanzierungen pro Baustoff und Kriterium, 50a

### Vergleich der Ökobilanzierungen Baukonstruktion / Betrieb (Energie)

Die Punktebewertung erfolgt in den DGNB Kriteriensteckbriefen 1,5, 10+11 immer im Zusammenhang mit der Ökobilanzierung des Betriebs (Energie).

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder, die bereits unter Nr. 1.1.3 näher beschrieben wird:

$$f = \frac{K + N}{K_{ref} + N_{ref}}$$

$$f_{unten} \leq f \leq f_{oben}$$

In der Abbildung 3.6.3.3.-21 werden am Beispiel des Kriteriums GWP die prognostizierten Ökobilanzierungen der Baukonstruktion K (hier: ohne TGA), des Betriebs (N) nach EnEV2007 bzw. tatsächlichem Verbrauch pro m<sup>2</sup> NGF und Jahr gegenübergestellt.

Ist der Betrag der Ökobilanzierung Betrieb wesentlich größer als die Ökobilanzierung Baukonstruktion und TGA, so ist abzuwägen, ob Verbesserungen z.B. in der Baukonstruktion

sinnvoll sind, um das vorrangigen Ziel „Erreichung der höchsten Punktzahl in den Kriteriensteckbriefen“ zu erreichen.

Im Balkendiagramm werden die Ergebnisse der TU Darmstadt und Ed. Züblin AG aufgeführt.

Im Balken „Baustoffe Ed. Züblin AG“ sind die beiden Ergebnisse der oben erwähnten Varianten 1 und 2 (ohne und mit OS 11 / Teppichkleber ) als Minimum- und Maximalwert berücksichtigt.

Das Verhältnis  $\sim K$  (Ökobilanzierung TU Darmstadt) zu N (EnEV2007) ist 1:3 zur Summe  $\sim K+N$ . Die TGA ist hier nicht berücksichtigt (siehe Nr. 1.1.5).

Zusätzlich sind die Einzelwerte K und N den Referenzwerten  $K_{ref} + N_{ref}$  gegenübergestellt. Der fixe Referenzwert  $K_{ref}$  wird knapp überschritten, während der flexible, gebäudespezifische Referenzwert  $N_{ref}$  unterschritten wird.

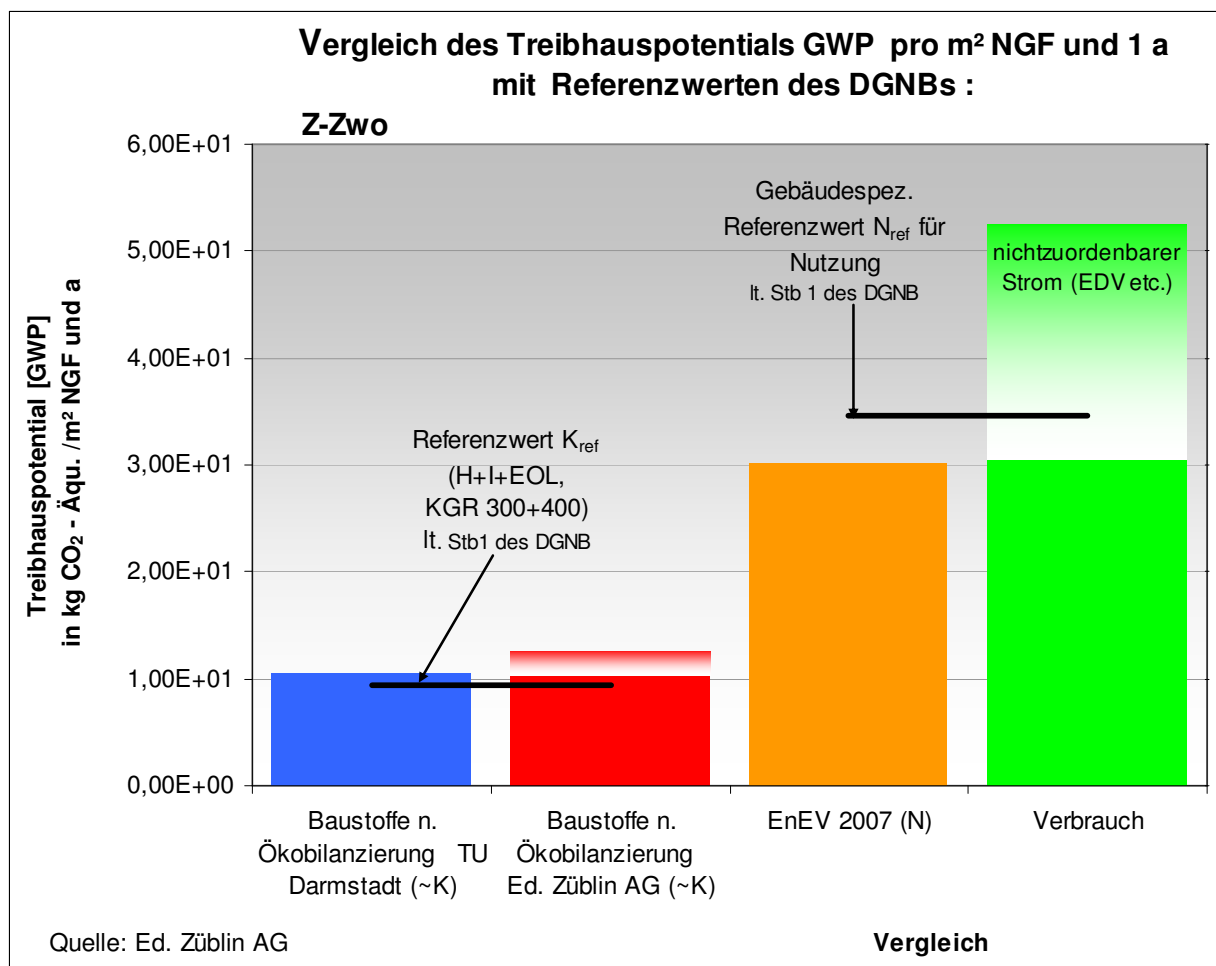


Abbildung: 3.6.3.3.- 21: Gegenüberstellung der Kennwerte lt. Kriteriensteckbrief 1 des DGBN am Bsp. Z-Zwos.



### Nomogramm: Einordnung der ökologischen Gebäudeergebnisse

Wie bereits unter Nr. 2.2.3 erwähnt erfolgt die Punktebewertung in den ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 mit nachfolgender vereinfachter Formel:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

Dabei gilt:

K = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik

als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

N = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes, abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{\text{ref}}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

*einzigster fix festgelegter Referenzwert*

$N_{\text{ref}}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

Die Ober- und Untergrenze  $f_{\text{unten}}$  und  $f_{\text{oben}}$  sind pro Kriteriumsteckbrief unterschiedlich. Sie definieren die Grenz- und Zielwerte und bestimmen die Mindest- bzw. Maximalpunktzahl. Je kleiner das Verhältnis  $f$ , desto höher ist die zu erreichende Punktzahl.

Die Schwierigkeit an dieser Formel ist, dass  $K$ ,  $N$ , und  $N_{\text{ref}}$  gebäudespezifisch variabel sind. Nur für den Referenzwert  $K_{\text{ref}}$  „jahresbezogener Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik“ ist ein fixer Wert festgelegt.

Die Folge ist, dass die ökologische Qualität eines Gebäudes schwierig in der Entwurfsphase eingestuft werden kann. D.h. nach oben genannter Formel muss aktuell die Ökobilanzierung eines Gebäudes komplett ausgerechnet werden, um eine Aussage für die Punktebewertung definieren zu können.

Um dies in der Entwurfsphase umgehen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten:

3. Sammlung von Kennwerten K, N und  $N_{ref}$  unterschiedlichster Verwaltungstypen. Mit Hilfe dieses Auswahlkataloges können dann in der Entwurfsphase die passenden Bausteine gewählt werden, um erste Bewertungen in ökologischer Hinsicht vornehmen zu können oder
4. Findung eines Schaubilds in dem die gebäudespezifischen Bewertungen sämtlicher Verwaltungsgebäude eingetragen werden können.

Letzter Punkt kann mit nachfolgendem Nomogramm umgesetzt werden. Hier können die gebäudespezifischen Werte anhand oben beschriebener Formel eingestuft und bewertet werden.

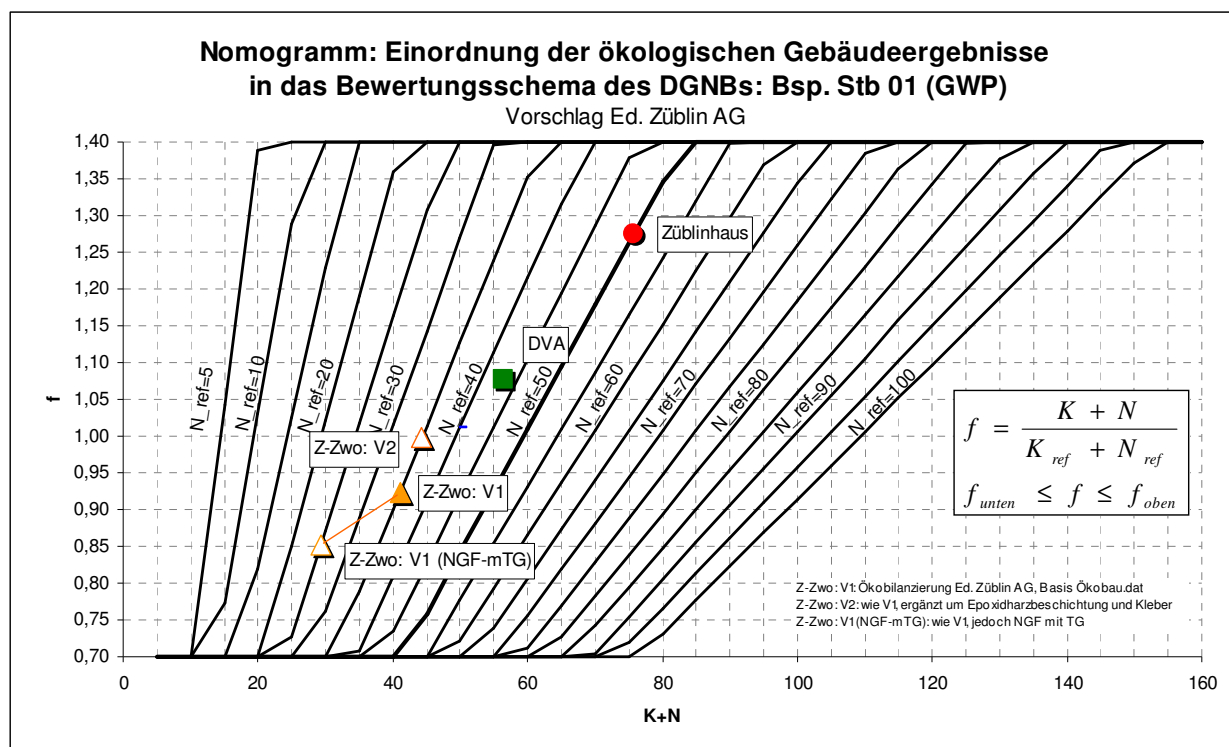


Abbildung: 3.6.3.3.- 22: Nomogramm: Einordnung der Gebäudeergebnisse in das Bewertungsschema des DGNB, Bsp. Stb 1

Als Beispiel sind die Ergebnisse der Züblin - Forschungsprojekte im Nomogramm des Treibhauspotentials eingestuft.

Um verifizierte Aussagen über ein Gebäude in der Entwurfsphase tätigen zu können, müssen im o.g. Nomogramm Daten weiterer Gebäude gesammelt und eingetragen werden. Bei einer ausreichenden Gebäudeanzahl können im Idealfall Linien oder Feldbereiche von Gebäuden ähnlicher Gebäudestruktur, Baukonstruktion oder TGA - Anlagen abgeleitet und festgelegt werden.

In der Entwurfsphase können dann mit Hilfe des erweiterten Nomogramms die Gebäude einer Linie oder einem Feldbereich gleicher Gebäudeart zugeordnet werden. Somit wäre eine ausreichende Erstbewertung des Gebäudes in ökologischer Hinsicht möglich.

Zusätzlich kann das Nomogramm als Kontrollelement bei der Nachweisführung von ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 dienen.

Das Nomogramm kann auf sämtliche ökologische Kriteriensteckbriefe 1-5, 10+11 umgesetzt werden. Die Kurvenspannweiten von  $N_{ref}$  sind dann an die jeweiligen Kriteriensteckbriefe anzupassen.

#### **3.6.3.4 Fazit**

Das Z-Zwo Gebäude wurde im Jahr 2002 erstellt und besteht aus baujahrstypischen Konstruktionen für Verwaltungsbauten.

Das Institut Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt wurde beauftragt eine Ökobilanzierung durchzuführen.

Auf diesen Basisdaten hat die Firma Ed. Züblin AG zusätzliche Auswertungen vorgenommen. Ein Ziel war festzustellen in welcher Kleinteiligkeit eine Mengenermittlung zu erfolgen hat, um einen ausreichenden Genauigkeitsgrad der Ökobilanzierung zu erreichen.

Des Weiteren wurden Baustoffe herauskristallisiert, die den größten Anteil an der Ökobilanzierung tragen.

Anschließend wurden die Ergebnisse der Ökobilanzierung „Baustoffe“ mit der Ökobilanzierung „Betrieb (Energie)“ gegenübergestellt und ein Nomogramm vorgeschlagen, mit dem künftig bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes eine Prognose für die Punktebewertung nach DGNB erfolgen kann.

Die Auswertungen ergaben, dass nach dem unter Nr. 1.2.1 beschriebenen Erfassungsgrad der Baustoff-Mengenermittlung kein zusätzlicher Aufschlag von 10% für Baustoffe gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 der Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11 erforderlich wäre. Hier sollte eine Ausstiegsklausel vom DGNB festgelegt werden. Der gesonderte Aufschlag für fehlende TGA-Geräte in der Ökobilanzierung gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 sollte über einen gesonderten Aufschlag definiert werden.

Die Aufsummierung der einzelnen 27 festgelegten Bauteilflächen nach Ihrem Gewichtsanteil zur Gesamtbauteilfläche hat ergeben, dass bereits 20 Bauteilen 98 % der Gesamtbauteilfläche erreicht wird.

Dasselbe gilt für die einzelnen Wirkungsbilanzen. Ausgehend davon, dass von allen Baustoffen die exakten EPDs vorliegen, werden bereits knapp 98% der jeweiligen Wirkungsbilanzen mit 20

Bauteilen erreicht. Der Prozentanteil liegt bei dem Ozonschichtabbaupotential ODP mit 97,25 % am niedrigsten. Die geringfügige Abweichung bei ODP ist jedoch zu vernachlässigen, da nach dem Kriteriensteckbrief Nr. 2 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen ( $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesem Kriteriensteckbrief die Datenbasis der Referenzwerte noch aufgebaut werden muss.

Optimierungspotentiale werden beim Z-Zwo nur in den Baustoffen Bodenbeschichtung OS 11 und Abdichtungsmaßnahmen gesehen.

Turnusgemäße Sanierungsmaßnahmen wie Dispersionsanstriche oder Teppichbodenbelag haben keine wesentlichen Auswirkungen auf die Ökobilanzierung.

Die Auswertungen ergeben, dass in Zweifel gezogen werden kann, ob tatsächlich sämtliche Baustoffe bis zur kleinsten Schraube für eine Ökobilanzierung mengenmäßig erfasst werden müssen.

Vielmehr sind noch weitere Gefahrenstoffe wie die Bodenbeschichtung OS 11 in Verwaltungsbauten zu finden.

Die Bodenbeschichtung OS 11 beeinflusst beim Z-Zwo die Ansätze bei der Findung von Optimierungspotentialen. Hier ist nochmals zu klären, ob die hier tatsächlich angesetzten EPDs der Bodenbeschichtung OS 11 realistisch sind. Bereits bei den Teppichklebern erfolgte eine Korrektur. Zuerst wurden sehr hohe EPDs prognostiziert, die später wesentlich nach unten relativiert wurden. Die Folge ist, dass die Teppichkleber in obengenannten Wirkungsbilanzen keinen wesentlichen Einfluss mehr haben.

Des Weiteren sollten die EPDs in der Ökobaudat dringend auf typische Baustoffe von Verwaltungsbauten (Hohlraumboden, Pfostenriegelkonstruktionen, vorgehängte Metallfassaden) ergänzt werden.

Erst nach Erweiterung geeigneter EPDs typischer Verwaltungsbaustoffe und Findung relevanter Gefahren-Baustoffe mit kleinem Flächenanteil können die im Bericht beschriebenen Auswertungen bestätigt werden.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.6.4 DVA**

#### **3.6.4.1 Gebäudespezifische Kriterien**

##### Gebäudespezifische Vorgehensweise

Das Gebäude der ehemaligen DVA (Deutsche Versicherungsanstalt) ist ein sanierter Verwaltungsbau aus dem Jahr 1957 mit folgenden relevanten Bauteilen:

- Büro-Zwischendecken aus Beton-Rippendecken mit Verbundestrich und Linoleumbelag und abgehängten Decken
- Flachdächer auf Beton-Rippendecken bzw. Leichtdächern
- Lochfassade mit Alurahmen in massiver Außenwand mit WDVS (ca. 30 % Fensteranteil)
- Bodenplatte und UG – Zwischengeschoss mit Epoxidharzbeschichtung
- Bürotrennwände aus Gipskartonständerwänden

Grundlage für die Ermittlung der Ökobilanzierung sind die Mengenerfassung sämtlicher Baustoffmengen und ihren Baustoffmassen.

Für das Gebäude DVA wurden 24 repräsentative Bauteile festgelegt, um die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umwelteinwirkungen abzudecken.

Die Definition der Gebäudeteile erfolgte in Abstimmung mit dem Institut für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt.

Ausgang sind die umfassenden Außenbauteile A der beheizten Gebäudehülle  $V_e$  nach EnEV 2007. Sämtliche zusätzlichen und notwendigen Bauteile wurden im Innenbereich, in unbeheizten Nebenräumen, Bodenplatten entsprechend ihrem Flächen- und Baustoffmassenanteil festgelegt.

Kleinflächen wurden Übermessen und im Aufbau verwandten Hauptflächen zugeschlagen.

Zusätzlich zu den 24 festgelegten Bauteilen hat die Firma Ed. Züblin AG ergänzend Materialzuschläge vorgenommen. Diese sind u.a.:

- Unterkonstruktion der abgehängten Decken
- Fensterabdichtungsbänder

Ausgehend von dem oben angesetzten Genauigkeitsgrad kann davon ausgegangen werden, dass die Abweichung zur tatsächlichen Gesamtbaustoffmasse des DVAs unter  $\ll 0,5\%$  liegen wird.

Die Bauteilflächen wurden mit Hilfe von Architektur-Ausführungsplänen ermittelt.

Die notwendige Definition der Baustoffmaterialien und Dicken pro Bauteilschicht wurden aus den Werkplänen der Architektur, aus Gutachten und Vergabe-Leistungsverzeichnissen entnommen.

Lagen keine exakten Baustoffdaten vor, so erfolgten diese nach Angabe des Baustoffherstellers.




Der Bewehrungsanteil im Beton erfolgte in Abstimmung der Abteilung ZT-TBK (Konstruktiver Ingenieurbau), Ed. Züblin AG.

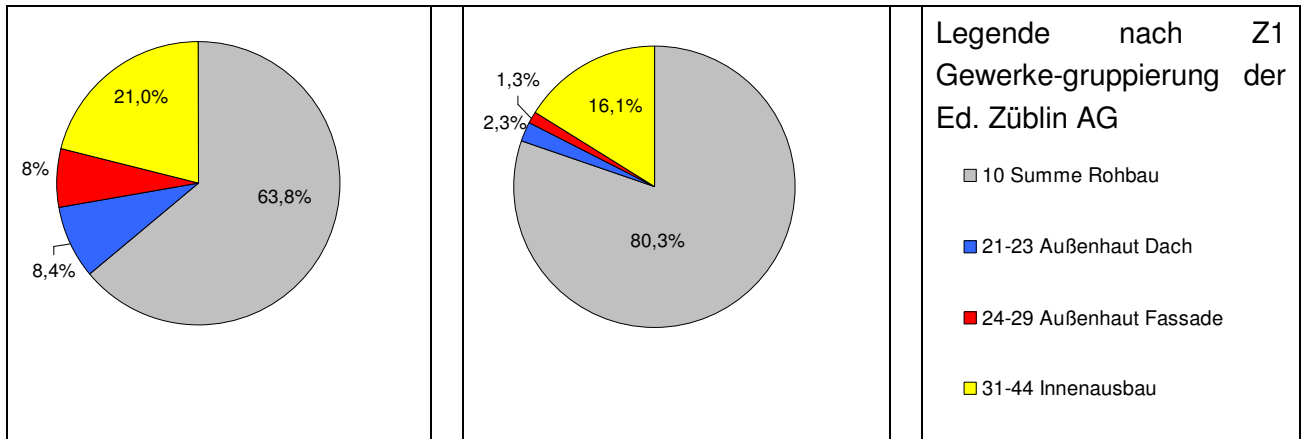
Für den Rohbau mussten zeitgemäße Annahmen zum Bewehrungsanteil und Materialrohddichten angenommen werden, da für das Bauvorhaben keine Statikberechnungen vorlagen (Baujahr 1957).

In Kap. 3.2.1. sind sämtliche, festgelegten Bauteilaufbauten mit den dazugehörigen Bauteilflächen, Bewehrungsstahlmengen pro cbm Beton und zusätzlichen Materialmengen aufgeführt.

Prozentuale Gewichtungsanteile der Baustoffe (Volumen, Gewicht, Herstellkosten)

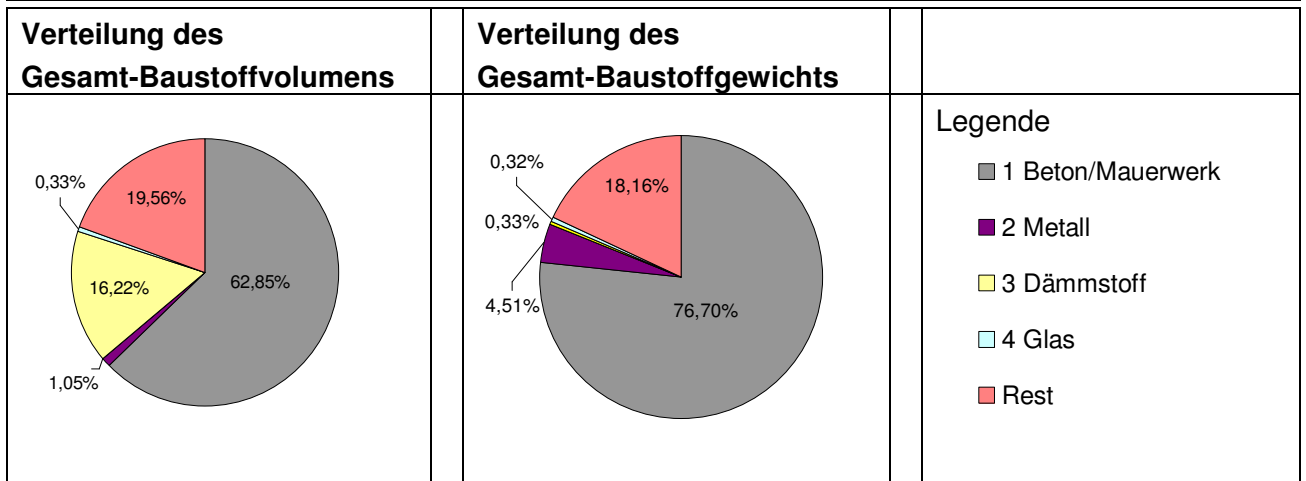
Nachfolgend die wichtigsten Kenndaten und Gewichtungsteile aller untersuchten Baustoffe des DVAs. Die Referenzgrößen pro Baustoff bilden die Grundlage der Ökobilanzierung:

| Gebäudekörper  |  |   |
|--|--|---|
| Gesamt-Baustoffvolumen:  | Gesamt-Baustoffgewicht:  | Nettogeschossfläche inkl. NF UG (lt. DGNB) :  |
|  <b>3.582 m<sup>3</sup></b> |  <b>5.930 t</b> |  <b>6073,3 m<sup>2</sup> NGF</b> |
| Verteilung der Baustoffmengen in Gewerke-Hauptgruppen:   |  |   |
| <b>Verteilung des Gesamt-Baustoffvolumens</b>  | <b>Verteilung des Gesamt-Baustoffgewichts</b>  |   |

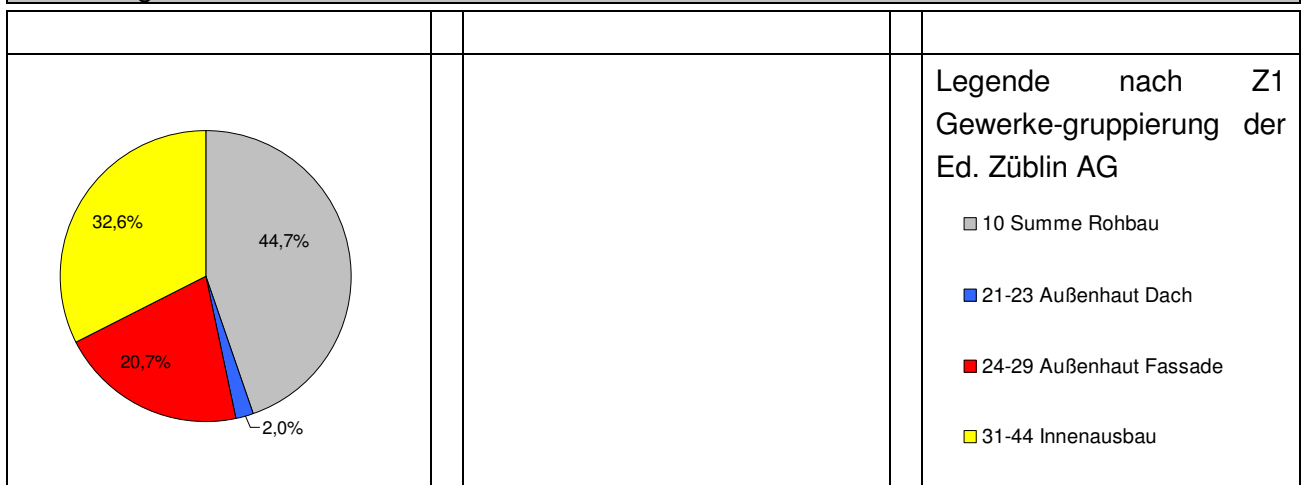


**weitere Gliederung der Gewerke, siehe Anlage 6**

**Verteilung der Baustoffmengen in Materialgruppen:**



**Verteilung der Herstellkosten - Baukonstruktion**



### **3.6.4.2 Ergebnisse der Ökobilanzierung (TU Darmstadt)**

Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat die ökologischen Wirkungen für das Gebäude DVA ermittelt und die unterschiedlichen Wirkungsbilanzen der 24 festgelegten Bauteile in Bauteilkategorien (Decken, Wände, Bodenplatten etc.) zusammengefasst. Siehe hierzu die Ergebnisse im Abschlussbericht in Anlage 1.

Die Untersuchungsergebnisse sind im Abschlussbericht in Balkendiagrammen pro Kriterium

- Primärenergie PE,
- Treibhauspotential GWP,
- Ozonschichtabbaupotential ODP,
- Ozonbildungspotential POCP,
- Versauerungspotential AP,
- Eutrophierungspotential EP

zusammengefasst (siehe Abschlussbericht der TU Darmstadt, Nr. 2.2 ff).

Dabei werden die Wirkungsbilanzen pro Kriterium im Erstellungsjahr E und nach dem angesetzten Lebenszyklus nach 50 Jahren (nach 50 a) getrennt betrachtet.



In nachfolgender Abbildung 3.6.4.2.-5 sind die Ergebnisse pro Kriterium, Bauteilkategorie und Zeitphase von der Ed. Züblin AG zusammengestellt. Dabei werden die Prozentualanteile der Einzelwerte dem jeweiligen Gesamtwert (100 %) gegenübergestellt.

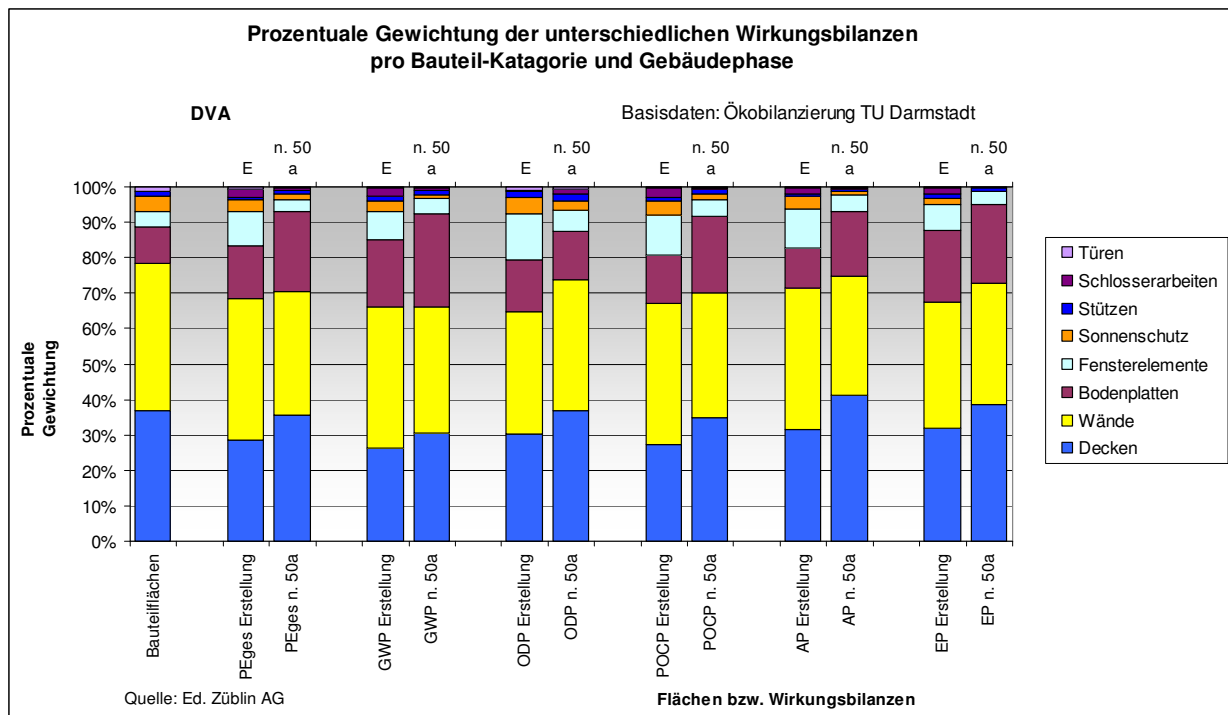


Abbildung: 3.6.4.2.- 5: Zusammenfassung der ökologischen Untersuchungsergebnisse des DVAs [TU Darmstadt: Forschungsbericht F08-08-2008: Ökologische Bilanzierung des Gebäudes DVA-Neckarstraße; 2008]

Die Gegenüberstellung zeigt, dass zum Zeitpunkt der Erstellung E mind. 90 % des Gesamtergebnisses bereits durch die vier Bauteilkategorien: Decken, Wände, Bodenplatten und die Fensterelemente abgedeckt werden. Nach 50 Jahren steigt dieser Wert auf mind. 96 %. Davon ausgenommen ist das Kriterium Ozonschichtabbaupotential ODP.

Der Flächenanteil der o.g. vier Bauteilkategorien beträgt ca. 93 %.

Auffallend sind die Fensterelemente, die nach 50 Jahren Nutzung eine eher untergeordnete Rolle spielen. Den größten Prozentualanstieg von der Erstellung E bis zur 50 jährigen Gebäudenutzung verzeichnen die Bauteilkategorien: Decken, Wände und Bodenplatten.

Nachfolgende Abbildung 3.6.4.2.-6 stellt die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) gegenüber.

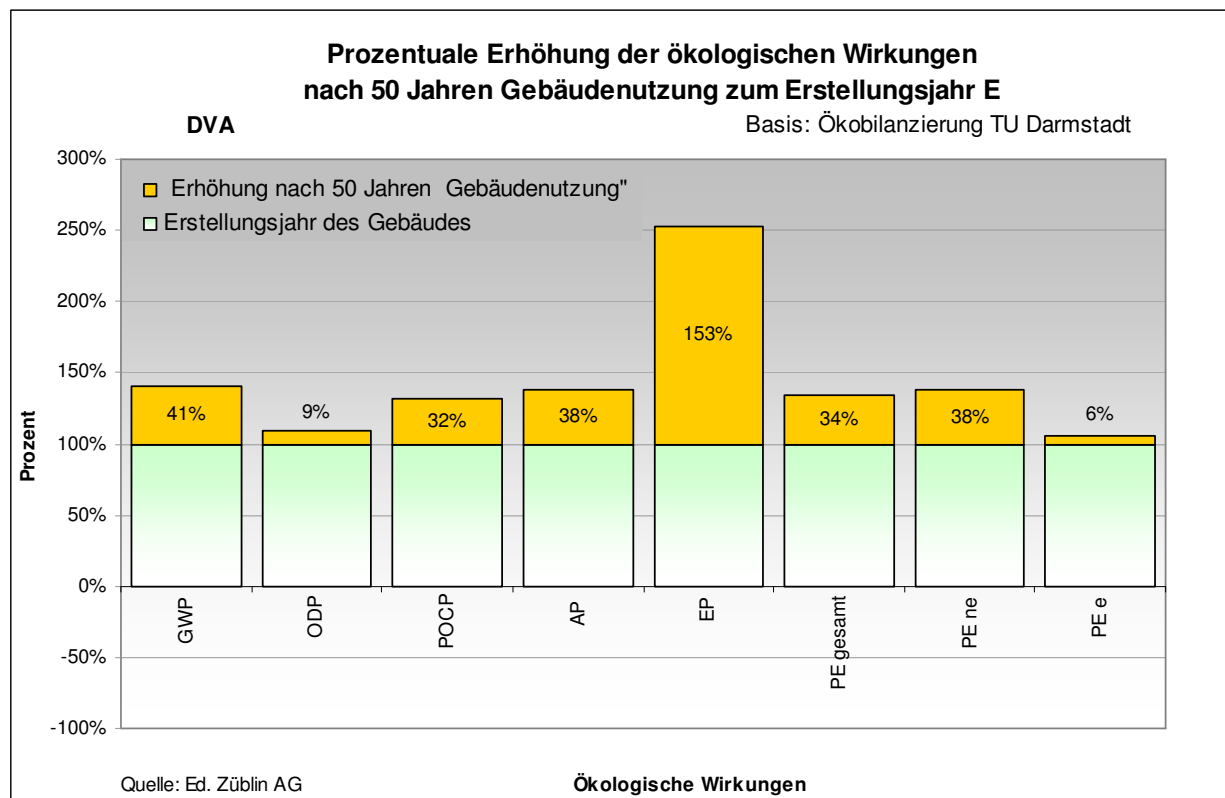


Abbildung: 3.6.4.2.- 6: Gegenüberstellung der prozentualen Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 a

Die Aufstellung zeigt, dass sich die ökologischen Wirkungen bei fünf von acht Kriterien um ca. 32 % bis 41 % zum Erstellungsjahr E erhöhen.

Beim Ozonschichtabbaupotential ODP und beim Primärenergiebedarf erneuerbar PE<sub>e</sub> liegen die geringsten Erhöhungen mit ca. 9 bzw. 6 % vor, während beim Eutrophierungspotential EP eine 1,5 fache Erhöhung des Ausgangswertes bei der Erstellung zu verzeichnen ist.

Die unten aufgeführte Abbildung 3.6.4.2-7 ist eine erweiterte Betrachtungsweise zur Abbildung 3.6.4.2.-6. Sie vergleicht die prozentuale Erhöhung der ökologischen Wirkungen nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Erstellungsjahr E (100%) pro Bauteilkategorie.

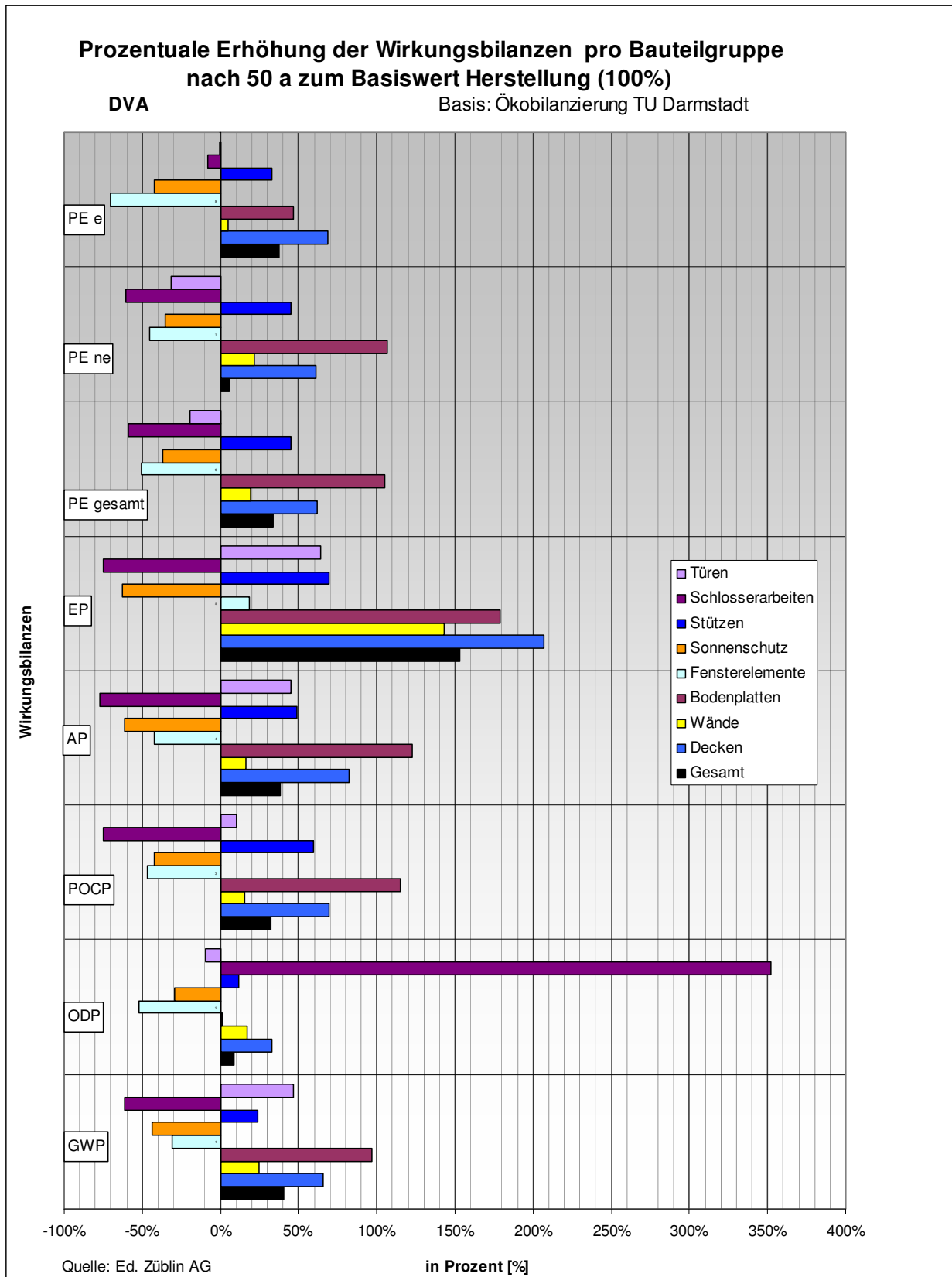


Abbildung: 3.6.4.2.- 7: Prozentuale Erhöhung der Wirkungsbilanzen pro Bauteilkategorie nach 50 Jahren Gebäudenutzung

Hier zeigt sich eindeutig, dass die Decken und Bodenplatten über alle Kriterien hinweg den größten prozentualen Anstieg zum Erstellungsjahr E aufweisen. Zum Kriterium Eutrophierungspotential kommen die Wandflächen mit einem prozentuale Anstieg 143 von % hinzu.

Dies kann an den jeweilig eingesetzten Materialien sein, aber auch vom projektspezifischen Flächenanteilen pro Bauteilkategorie liegen.

Die positiven Gutschriften der Bauteilkategorien Fensterelemente, Sonnenschutz und Schlosserarbeiten sind durch das Recyclingpotenzial des Metalls in der Phase des End-of-Life zu begründen.

Bewehrungsstahl in den Betonteilen sind aus Recyclingmaterial und erhalten deshalb in der Phase des End-of-Life keine Gutschriften.

Beim Ozonschichtabbaupotential ist der massive prozentuale Anstieg von 352 % der Schlosserarbeiten durch eine höhere Belastung im End-of-Life Szenario begründbar. Aufgrund seines geringen Flächenanteils zur Gesamtfläche des Gebäudes wirkt sich dieser massive Anstieg nach 50 Jahren auf das Gesamtergebnisses des Ozonschichtabbaupotentials nicht wesentlich aus.

### **3.6.4.3 Ergänzende Auswertungen und Vergleichsstudien**

#### Ergebnisauswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Einführung

Die alleinige Zusammenfassung der Ergebnisse in Bauteilkategorien wie im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt umgesetzt, reicht nicht aus um Aussagen über den absoluten Einfluss der einzelnen Bauteile und Bauteilschichten zum gebäudespezifischen Gesamtergebnisses tätigen zu können. Daher sind weiterführende Auswertungen erforderlich.

Im Abschlussbericht des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt sind unter Nr. 3.1 ff die ökologischen Wirkungen der Bauteilen nach Kriterien zusammengefasst. Das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt hat uns diese Werte zur Verfügung gestellt, sodass die Firma Ed. Züblin AG weitere Auswertungen und Analysen vornehmen konnte.

Zusätzlich wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt, die ökologischen Wirkungen der einzelnen Bauteilschichten von 10 ausgewählten Bauteilen (siehe Anlage 2) aus allen drei Züblin - Forschungsprojekten zu beziffern (siehe Anlage 2). Das Ziel war den Einfluss der einzelnen Bauteilschichten festzustellen, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht zu finden.

### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilkategorien

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten Datensätze der ökologischen Wirkungen pro Bauteil wurden zuerst in folgende Datensätze zusammengefasst und ermittelt:

- ökologische Wirkungen pro Bauteil und Bauteileinheit (qm-Fläche bzw. lfm-Länge) , jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der gebäudespezifischen, ökologischen Wirkungen pro Bauteil unter Berücksichtigung seiner Bauteilmenge, jeweils im Erstellungsjahr E und nach 50 a Gebäudenutzung.
- Ermittlung der bauteilbezogenen Prozentualanteile zur Gesamtsumme aller Bauteilflächen und zur Gesamtsumme der jeweiligen ökologischen Wirkungen
- Sortierung der Bauteile nach ihrem prozentualen Gewichtsanteil
- Vergleich des rechnerisch, ermittelten Gesamtgewichtes aller Bauteile durch die TU Darmstadt mit den parallel durchgeführten Ermittlungen der Ed. Züblin AG. Der Vergleich ergab eine Abweichung von 0,43 %.

Auf Basis dieser erweiterten Datensätze wurden für alle Wirkungsbilanzen die gleichen Auswertungen durchgeführt. Der Primärenergiebedarf nicht erneuerbar  $PE_{ne}$  und erneuerbar  $PE_e$  wurden zum Primärenergiebedarf gesamt  $PE_{ges}$  zusammengefasst. Sodass schlussendlich sechs Kriterien betrachtet werden (GWP, ODP, POCP, AP, EP,  $PE_{ges}$  ( $PE_{ne} + PE_e$ )).

Folgende Ziele wurden bei den Auswertungen verfolgt:

9. Vergleich und Feststellung der Bauteile mit den größten ökologischen Wirkungen pro  $m^2$  Bauteilfläche bzw. pro lfm Bauteillänge
10. Vergleich und Feststellung der maßgeblichsten Bauteile auf das Gesamtergebnis „ der jeweiligen ökologischen Wirkungen“ des DVAs
11. Vergleich und Feststellung der ökologischen Wirkungen aller Bauteile in den Zeitphasen: Erstellungsjahr E sowie Instandhaltung mit End of Life-Szenarien
12. Festlegung, ob die Anzahl der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, ohne das Gesamtergebnis der ökologischen Bauteile wesentlich zu verfälschen.

Sämtliche Diagramm-Auswertungen sind in Anlage 3 zusammengefasst.

In der Abbildung 3.6.4.3-8 a werden die bauteilbezogenen ökologischen Auswirkungen des Primärenergiebedarfs  $PE_{ges}$  pro  $m^2$  bzw. lfm Bauteileinheit gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind ihre jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteile zur Gesamtsumme  $PE_{ges}$  und zur Summe aller Bauteilflächen dargestellt.

Liegt der prozentuale Anteil „ $PE_{ges}$ “ bei einem Bauteil höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass die Wirkungsbilanz bei diesem Bauteil im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

Durch den zusätzlichen Vergleich der Balkenlängen mit ähnlichen Bauteilaufbauten kann bei starken Differenzen schnell analysiert werden, ob Berechnungs-/Eingabefehler vorliegen oder andere Ursachen maßgeblich für diese Differenz sein können, z.B. eine ökologisch ungünstige Bauteilschicht.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.4.3-8 a-c werden zusätzlich zum Kriterium Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  die Auswertungen der Kriterien Treibhauspotential GWP und Versauerungspotential AP aufgeführt, um die Schwankungsbreiten innerhalb der Kriterien aufzuzeigen.

Beim Vergleich der Diagramme ist auffällig, dass die größten Wirkungsbilanz-Anteile bei den Bodenplatten, Wänden und Decken liegen. Innerhalb dieser Bauteilkategorien fallen insbesondere die Bodenplatte BoPl1, die Wand WA6 bis WA8 und die Decken DE6 bis DE8 auf. Hier sind die Prozentualanteile zur Gesamt-Wirkungsbilanz i.d.R. höher als die Prozentualanteile zur Gesamtbauteilfläche.

Innerhalb der Bauteilkategorie Wände tragen wesentlich 5 von 8 Wandsystemen und in der Bauteilkategorie Decken tragen wesentlich 3 von 9 Deckensystemen zur Gesamtwirkungsbilanz bei. Diese sind u.a., die Außenwände mit Wärmedämmverbundsystem (WA6, WA7), die Innenwände (WA8), die Zwischendecke im UG (DE7), das Kies-Flachdach (DE8) und die Büro-Geschossdecken (DE9).

Die Gipskartonständerwände (WA5) und die Büro-Geschossdecken (DE9) weisen insgesamt zwar einen hohen Bauteilflächenanteil von 33,8 % auf, aber zum Gesamtergebnis der jeweiligen Wirkungsbilanzen sinkt dieser Anteil jedoch auf ca. 13 bis 26 % ab.

Den geringsten Einfluss in allen drei Kriterien haben die Fensterelemente FF1 und FF2, Schlosserarbeiten SA sowie die Türen Tü 1. (Der Fensteranteil zur Fassade liegt bei ca. 30%).

Beim Vergleich der Balkendiagramme fällt auf, dass die ökologischen Auswirkungen pro Bauteil bei  $PE_{ges}$  und GWP ähnlich sind. D.h. die Verhältnisse der Balkenlängen untereinander sind ähnlich und weisen ein ähnliches Gesamt-Musterbild auf. Dagegen verändert sich das Musterbild beim Kriterium AP. Hier liegen die Schwerpunkte bei vier Bauteilen: bei der Bodenplatte BoPl1, bei dem Wandsystem WA8 sowie bei den Deckensystemen DE8 und DE9.

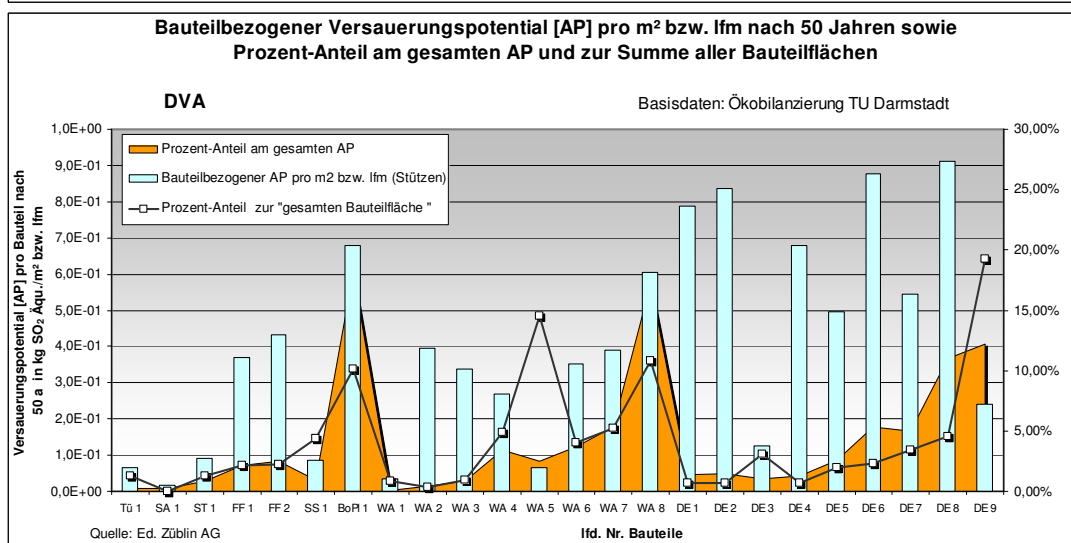
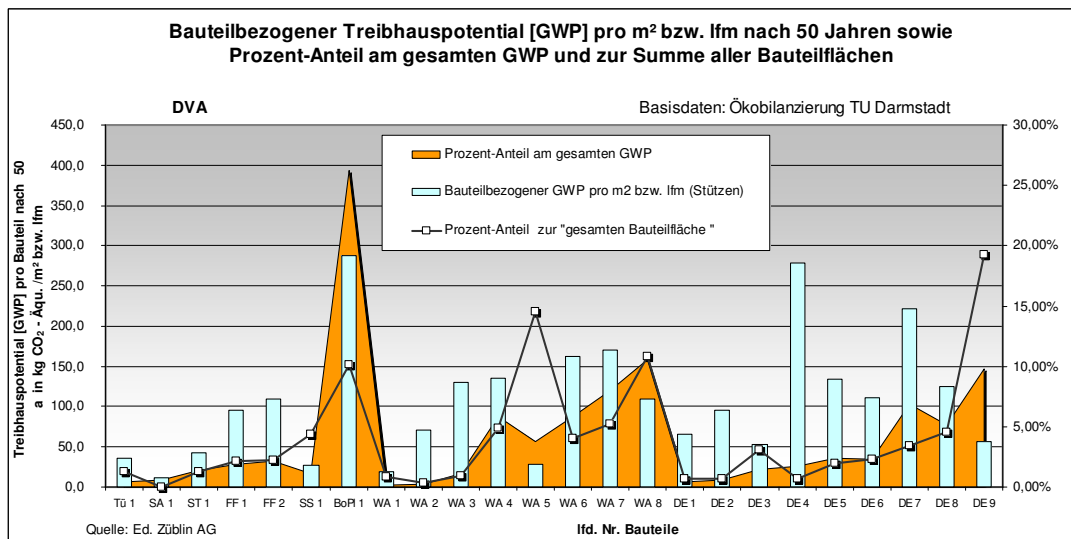
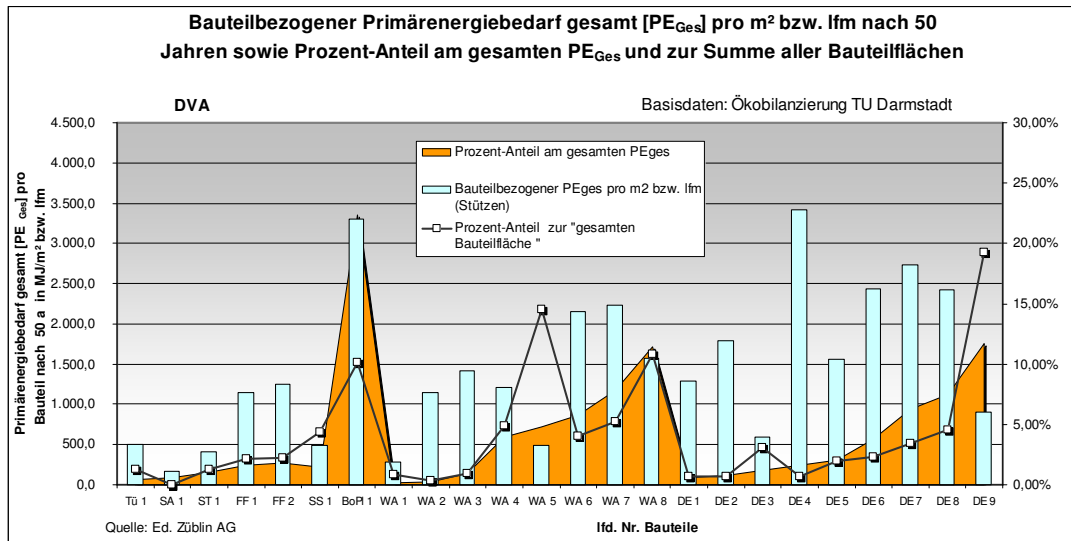


Abbildung: 3.6.4.3.- 8 a-c: Auszug aus dem Vergleich der ökologischen Auswirkungen pro Bauteilfläche/-länge nach 50 a zum gebäudespezifischen Prozentualanteil am Gesamtergebnisse bzw. zur Summe aller Bauteilflächen

In nachfolgender Abbildung 3.6.4.3.-9 sind die Anteile des Primärenergiebedarfs gesamt  $PE_{ges}$  bezogen auf die  $m^2$  NGF-Fläche im Erstellungsjahr und in der restlichen Gebäudenutzungsphase (Innovation und End of Life) gegenübergestellt.

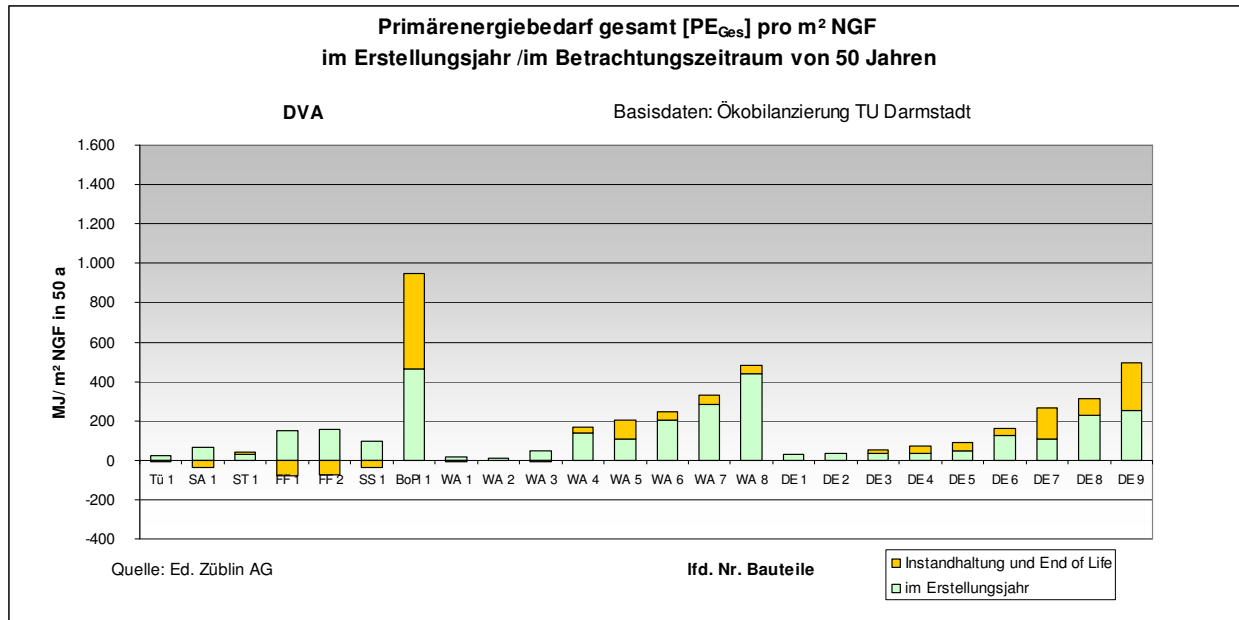


Abbildung: 3.6.4.3.- 9: Anteile am Primärenergiebedarf  $PE_{ges}$  pro  $m^2$  NGF im Erstellungsjahr E und in der restlichen Gebäudelaufzeit, inkl. End-of-Life (EOL)

Den größten Zuwachs zum Erstellungsjahr haben die Bodenplatte BoPl1, die Decken DE7 und DE9. Der Anteil beträgt zum jeweiligen Bauteil-Gesamtergebnis 51, 60 bzw. 49%. Die Bauteile haben als Bodenbelag eine Epoxidharzbeschichtung (BoPl1, DE7) bzw. Linoleum (DE9)

Das Wandsystem WA5 (Gipskartonständerwände) verzeichnet den viertgrößten Zuwachs zum Erstellungsjahr E. Sein Anteil zum Bauteil-Gesamtergebnis beträgt 47%. Zum Gesamtergebnisse des Gebäudes spielt jedoch das Wandsystem eine untergeordnete Rolle.

Die Fensterelemente FF1 und FF2 weisen die größte Gutschrift pro  $m^2$  NGF auf.

Die Auswertungen für die Kriterien GWP, ODP, POCP, AP und EP sind in Anlage 3 aufgeführt.

Die nachfolgenden Abbildungen 3.6.4.3.-10 a-c summieren die bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen zum Gesamtwert „Wirkungsbilanz“ nach 50 Jahren Gebäudenutzung auf. Dabei wurden die Einzelwerte pro Bauteil nach Ihrer Gewichtung sortiert und aufaddiert.

Die Aufsummierung ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Bauteile die größten Auswirkungen auf den Gesamtwert der jeweiligen Wirkungsbilanz aufweisen.



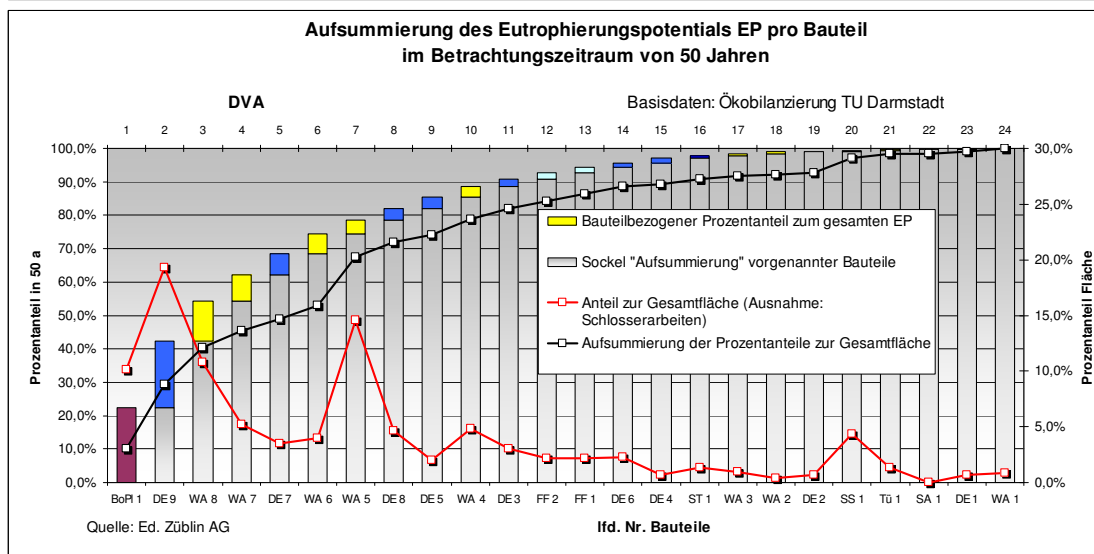
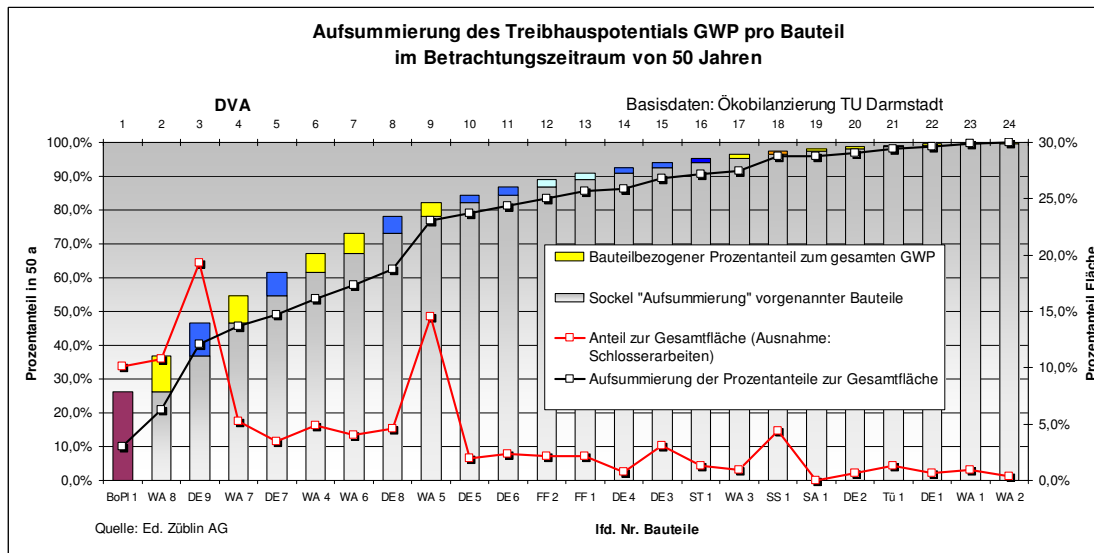
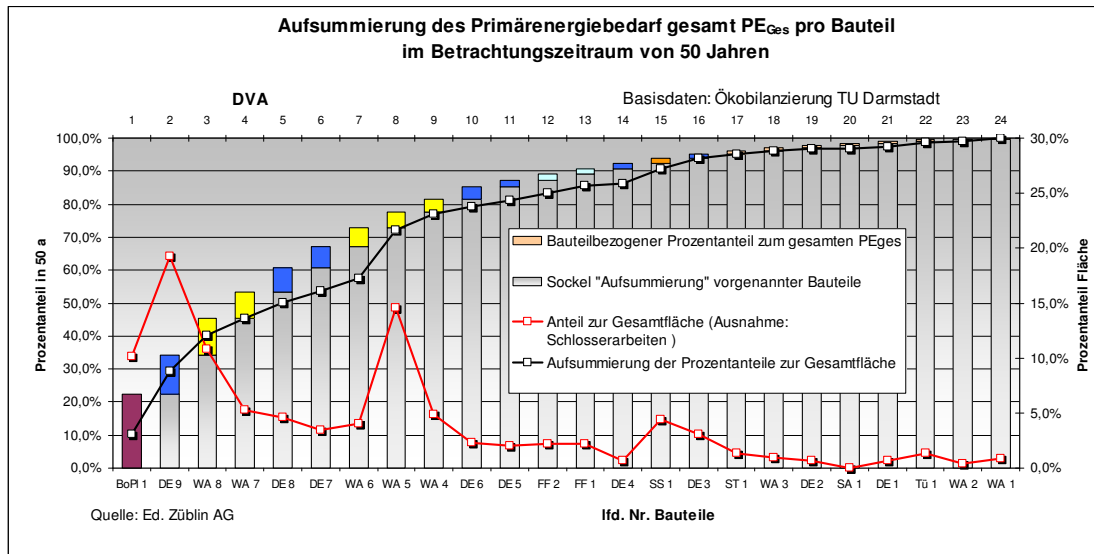


Abbildung: 3.6.4.3.- 10 a-c: Aufsummierung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen im Betrachtungszeitraum 50 a

Zusätzlich werden die jeweiligen, prozentualen Gewichtunganteile zur Gesamtfläche (rote Linie) pro Bauteil gegenübergestellt und in der schwarzen Linie aufsummiert.

Der Vergleich der drei Diagramme zeigt, dass die Reihenfolge der Bauteile bei allen drei Kriterien unterschiedlich sind, jedoch steigt bei allen drei Diagrammen der schwarze Kurvenverlauf „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ ähnlich an wie die Balkendiagramme „Aufsummierung der prozentualen Wirkungsbilanzanteile“.

Beim Diagramm PEges und GWP schneiden sich die Absolutwerte bereits ab dem 16. bzw. 18. Bauteil und verlaufen zum Schluss relativ parallel zu einander. Das gemeinsame Auftreffen der Absolutwerte liegt am Schnittpunkt: 94 bzw. 96 %.

Beim EP beginnt dies jedoch erst ab dem 21. Bauteil. Zwischen den Bauteilen 14 bis 19 ist nahezu kein Anstieg am Gesamtflächenanteil der Bauteile zu verzeichnen.

Die Auswertungen zeigen, dass mit den Diagrammen keine absolute Aussage getätigt werden kann, ob der Anteil der zu untersuchenden Bauteile reduziert werden kann, um dennoch einen entsprechenden Genauigkeitsgrad der Gesamtwirkungsbilanz zu erreichen. Die Gründe liegen am unterschiedlichen Kurvenverlauf pro Kriterium als auch an der unterschiedlichen gewichteten Reihenfolge der Bauteile.

In den nachfolgenden Abbildungen 3.6.4.3.-11 a-c erfolgt eine ähnliche Darstellung wie in den Abbildungen 3.6.4.3.-10 a-c.

Der Unterschied liegt darin, dass die Sortierung der Bauteile nach dem Prozentualanteil zur Gesamt-Bauteilfläche erfolgt und nicht nach ihren Gesamt-Wirkungsbilanzen.

Diese Auswertung ermöglicht, dass bei allen Kriterien die Reihenfolge der Bauteile unverändert bleibt und eine bessere Aussage zum Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung getroffen werden kann

Der Vergleich der Diagramme zeigt, dass bereits 14 von 24 Baueilen 90 % der Gesamt-Bauteilfläche abdecken und der schwarze Kurvenverlauf „Aufsummierung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanzen“ bereits ab dem 14. bzw. 15. Bauteil parallel zum absoluten Balkendiagrammwert „Aufsummierung der prozentualen Flächenanteile“ verläuft.

Daraus lässt sich schließen, dass 10 von 24 untersuchten Bauteile nur noch einen Anteil von unter 10 % auf den jeweiligen Gesamtwert der Wirkungsbilanz haben.

Folglich kann die berechtigte Frage aufgeworfen werden, ob der Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung wesentlich verbessert wird, wenn eine Ökobilanzierung statt den angesetzten 24 Bauteilen auf Basis einer noch genaueren und kleinteiligeren LV-Mengenermittlung erfolgt. [DGNB: Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11; Berechnungsgrundlage A1 und A2, Dezember 2008]

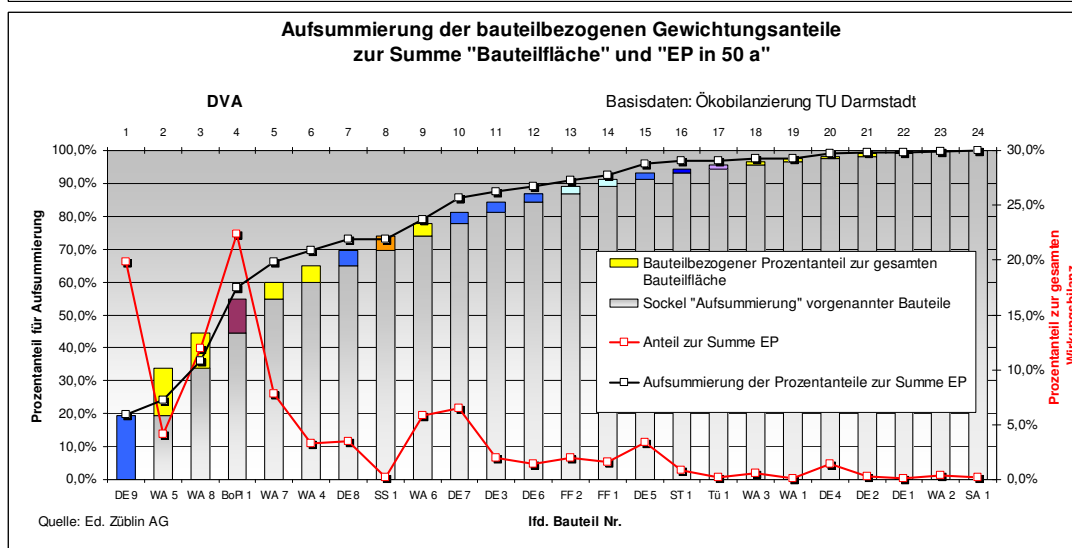
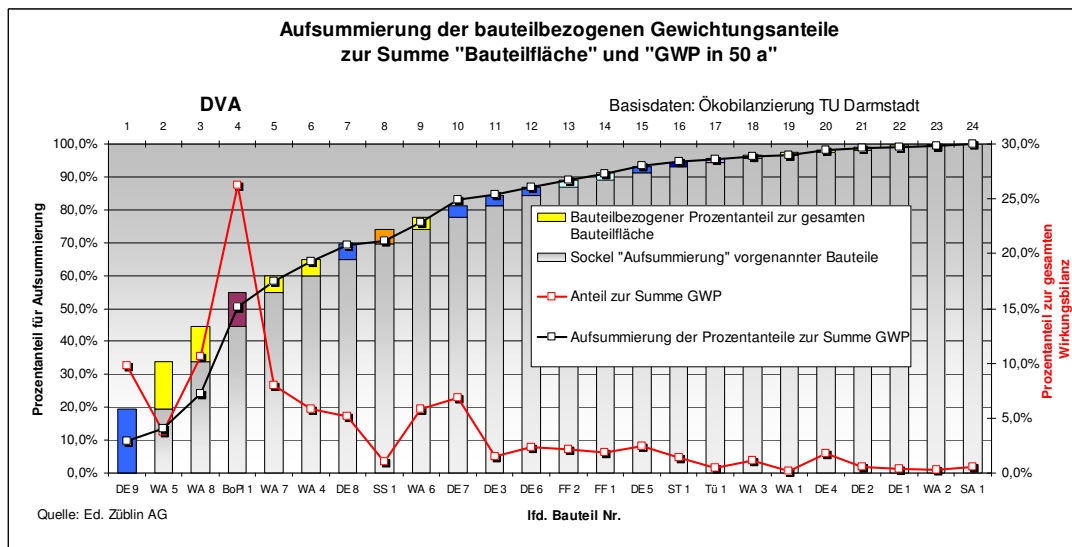
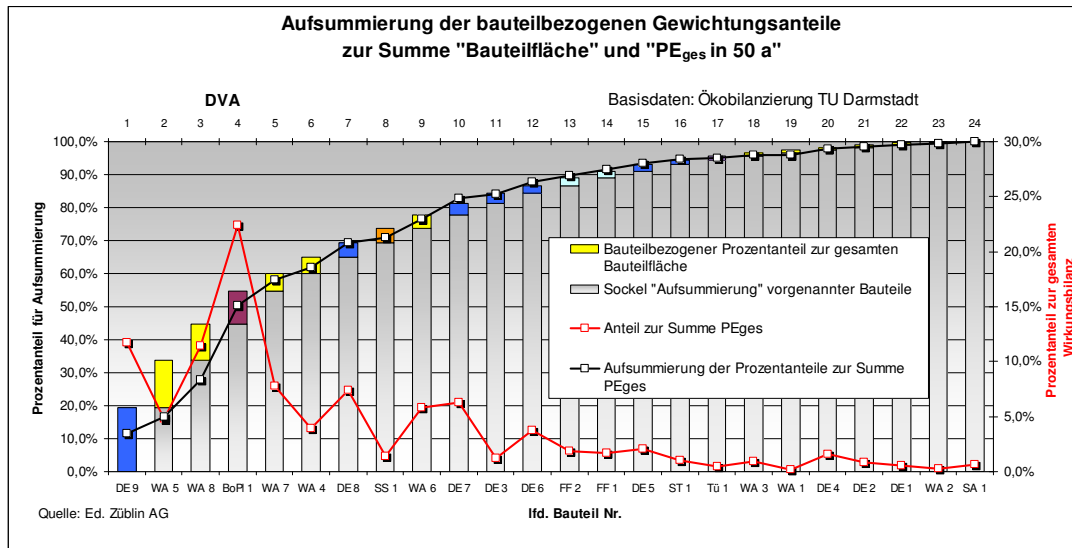


Abbildung: 3.6.4.3.- 11 a-c: Aufsummiering der bauteilbezogenen Gewichtungsanteile zur Summe

Bauteilflächen im Betrachtungszeitraum 50 a

In nachfolgender Abbildung 3.6.4.3.-12 sind die Bauteile DE9 bis SA 1 entsprechend ihrem Gewichtsanteil an der Gesamtbauteilfläche von links nach rechts abfallend sortiert, analog den Abbildungen 3.6.4.3.-11 a-c.

In der Matrix sind sämtliche Bauteile farblich markiert, die den größten Einfluss zum Gesamtergebnis > 90 % bzw. 98 % der jeweiligen Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche haben.

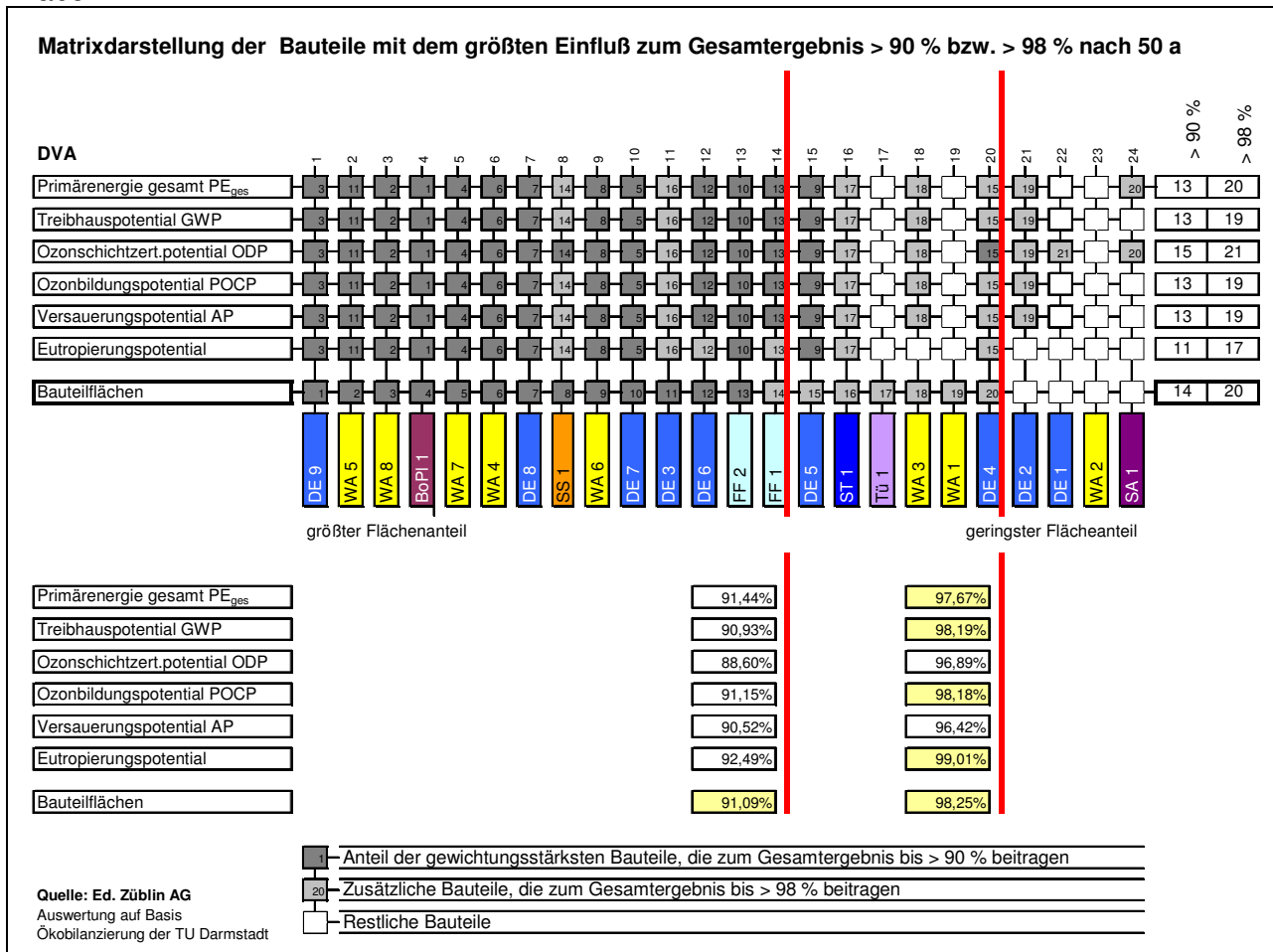


Abbildung: 3.6.4.3.- 12: Matrixdarstellung mit Darstellung der Bauteile mit dem größten Einfluss nach 50 a – DVA

In der Matrix ist gut zu erkennen, dass an der 90 % Markierung der Gesamtbauteilfläche fast alle Bauteile der entsprechenden Wirkungsbilanz enthalten sind. Hier wären bei fast allen Kriterien (Ausnahme das Ozonschichtzerstörungspotential ODP) sogar weniger Bauteile erforderlich um 90 % ihrer Gesamt-Wirkungsbilanz zu erreichen. Bei allen Kriterien müsste die kleinere Deckenfläche DE5 anstatt der größeren Deckenfläche DE3 eingeschlossen werden. Die Aufbauten unterscheiden sich nur am Belag Linoleum (DE5) und Fliesen (DE3) sowie an einer zusätzlichen Mineralwolleschicht im Deckensystem DE5.

Dasselbe gilt für die 98 % Markierung. Bei allen müsste zwar nach Ihrem Gewichtungsanteil noch das Bauteil DE2 hinzugezählt werden, dennoch erreichen alle Bauteile knapp die 98 % Grenze, da statt des Bauteils DE2 die Bauteile Tü1 und WA1 in der Reihenfolge der Bauteilflächen eingeschlossen wird (Ausnahme PE<sub>ges</sub> und ODP).

Der Prozentanteil der jeweiligen Wirkungsbilanzen liegt bei der 98 % Markierung zwischen 97,67 und 99,01 %. Der Prozentanteil liegt bei ODP und AP mit 96,89 bzw. 96,42 % am niedrigsten. Die geringfügige Abweichung bei ODP ist jedoch zu vernachlässigen, da nach dem Kriteriensteckbrief Nr. 2 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen ( $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesem Kriteriensteckbrief die Datenbasis der Referenzwerte noch aufgebaut werden muss.

D.h. 4 von 24 Bauteilen haben nur einen Anteil von ca.  $\pm 2$  % an der jeweiligen Gesamt-Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche.

Eine Prioritätenfestlegung bei der Ökobilanzierung nach dem Gewichtungsanteil der Bauteile an der Gesamtbauteilfläche ist zulässig.

Die Abbildung 3.6.4.3.-13 stellt die Bauteile sortiert und aufsummiert nach ihrem Gewichtungsanteil an der Gesamtfläche im Vergleich zu ihrem Anteil der jeweiligen Wirkungsbilanz gegenüber. Anhand des Schichtenaufbaus können die wechselnden prozentualen Bauteilanteile pro Wirkungsbilanz optischer und schneller abgelesen werden.

Zum Beispiel ist schnell erkennbar, dass die Schichtflächen des Bauteils DE9 (Bürozwischendecken) bei den Wirkungsbilanzen ODP und EP verhältnismäßig größer sind als bei den restlichen Wirkungsbilanzen oder der prozentuale Anteil der Bodenplatte BoPI1 gleichmäßig über alle Wirkungsbilanzen mit am größten ist im Vergleich zum prozentualen Bauteilflächenanteil.

Der Schichtaufbau unterstreicht die zu den Abbildungen 11 a-c und 12 geäußerten Aussagen, dass ab der 90 % Grenze die Anteile der Wirkungsbilanzen drastisch abnehmen.

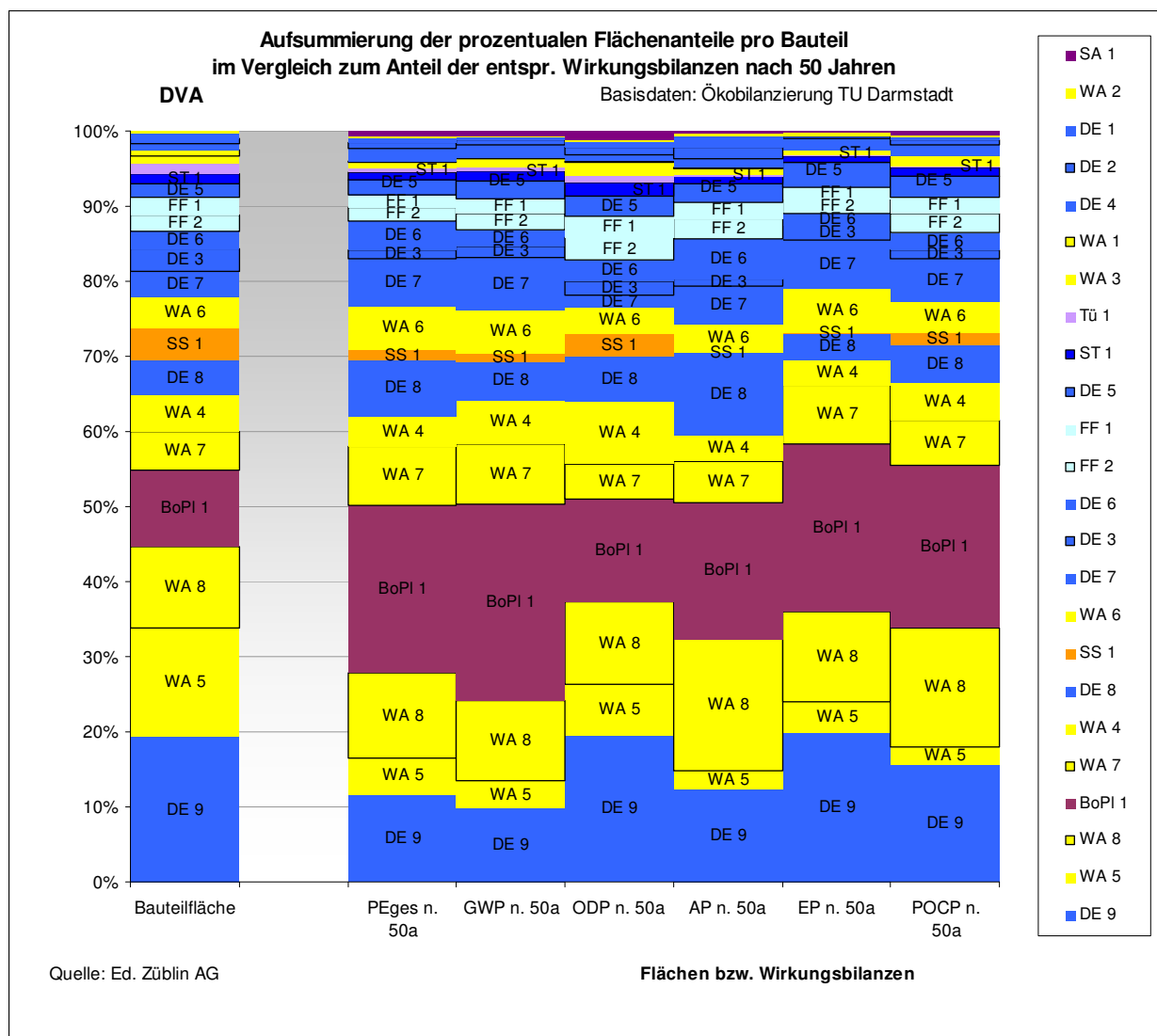


Abbildung: 3.6.4.3.-13: Schichtaufbau der ökologischen Wirkungsbilanzen sortiert nach dem Gewichtsanteil der Bauteilflächen nach 50 a

### Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung - Bauteilschichten

Die vom Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt zur Verfügung gestellten ökologischen Wirkungen von 10 ausgewählten Bauteilen mit ihren einzelnen Bauteilschichten (siehe Anlage 2) wurden am Beispiel des Gebäudes Z-Zwo unter Kap. 3.6.4.3 (Auswertung der extern durchgeführten Ökobilanzierung) ausführlich ausgewertet und analysiert.

Eine gewerkeorientierte Splittung der Ökobilanzierungen ist in Kap. 2C.3.5.2.0 Projektkenndatenblatt aufgeführt.

### Vergleich der Ergebnisse Ökobilanzierung TU Darmstadt / Ed. Züblin AG

In den ökologischen Steckbriefen 1-5, 10+11 erfolgen die Punktebewertungen immer in Kombination der Ökobilanzierungen der Baukonstruktionen und TGA mit der Ökobilanzierung der Nutzung (Energie).

Im Nachfolgenden erfolgt der Vergleich der Einzelkennwerte K (Bauwerk) und N (Betrieb) der ökologischen Steckbriefe 1-5, 10+11 mit Findung eines Bewertungsschemas für alle Gebäude.

Des Weiteren erfolgt die Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden. Daraus sollen erforderliche Arbeitsschritte für AP5 festgelegt werden, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der Arriba - basierenden Kalkulation zu erreichen, siehe hierzu Kap. 3.6.5

Um eine Anbindung der Ökologischen Daten an das Projektkenndatenblatt zu erreichen und die Findung der erforderlichen Arbeitsschritte im Zuge einer automatischen Ökobilanzierung während einer Arriba – basierenden Kalkulation zu erreichen, war eine eigenständige Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG erforderlich.

Die Ökobilanzierung erfolgte auf denselben vorgegebenen Bauteilaufbauten AG und nach den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 (Dezember 2008). Die EPDs wurden konsequent aus der Ökobaudat des BMVBS (Dezember 2008) entnommen und die Instandhaltungsintervalle erfolgten auf Basis des Leitfadens für Nachhaltigen Bauens [Bundesamt für Bauwesen: Leitfaden für Nachhaltiges Bauen, 2001, Kap. 7.1].

Die Ökobaudat führt im Anfangsstadium eine noch begrenzte Anzahl EPDs von typischen Baustoffen auf. Z.B. liegen keine EPDs für Epoxidharzbeschichtungen und PVC-Kleber vor.

Daher wurde in einer zweiten Variante die Ökobilanzierung von Ed. Züblin AG um die EPDs der Epoxidharzbeschichtungen und PVC-Kleber erweitert.

In der nachfolgenden Abbildung 3.6.4.3.-19 sind die prozentualen Abweichungen beider Variantenergebnisse zur Ökobilanzierung des Instituts für Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt gegenübergestellt.

Im Diagramm ist ersichtlich, dass die Variante 1 ohne Berücksichtigung der EPDs „Epoxidharzbeschichtung und PVC-Kleber“ bei fast allen Kriterien die Gesamtergebnisse unterschreitet. Beim Eutrophierungspotential EP ist eine Überschreitung von ca. 11,0 % zu verzeichnen.

Im Gegensatz zum Z-Zwo bleiben auch bei Variante 2 unter Berücksichtigung der EPDs „Epoxidharzbeschichtung und PVC-Kleber“ die Gesamtergebnisse der TU Darmstadt in den meisten Kriterien weiter unterschritten. Dies liegt am wesentlich geringeren Betonvolumen im DVA und vermutlich an unterschiedlichen Ansätzen der Ökobilanzierung der Beton-Mauerwerke.

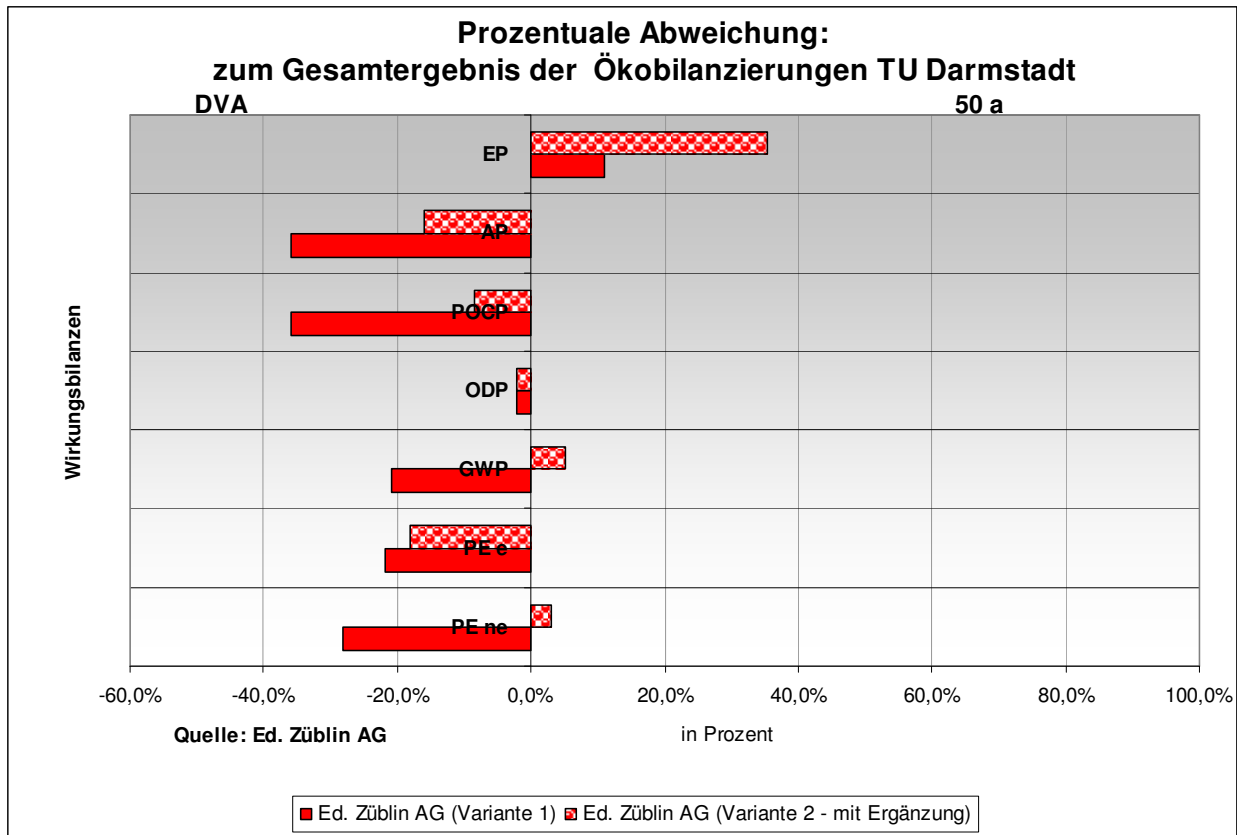


Abbildung: 3.6.4.3.-18: Prozentuale Abweichungen der Ökobilanzierungen der Ed. Züblin AG

Die Gesamtergebnisse des Instituts für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt und der Ed. Züblin AG wurden im Diagramm verglichen, um die Schwankungsbreiten unterschiedlicher Ansätze darzustellen.

Aufgrund fehlender Datengrundlagen der TU Darmstadt konnten Einzelschritte nicht verglichen werden. Da die Berechnung der Ed. Züblin AG vorrangig als Vorarbeit für die Anbindung an das firmeneigene Projektkennndatenblatt ist, wurde auf weitere Untersuchungen verzichtet.

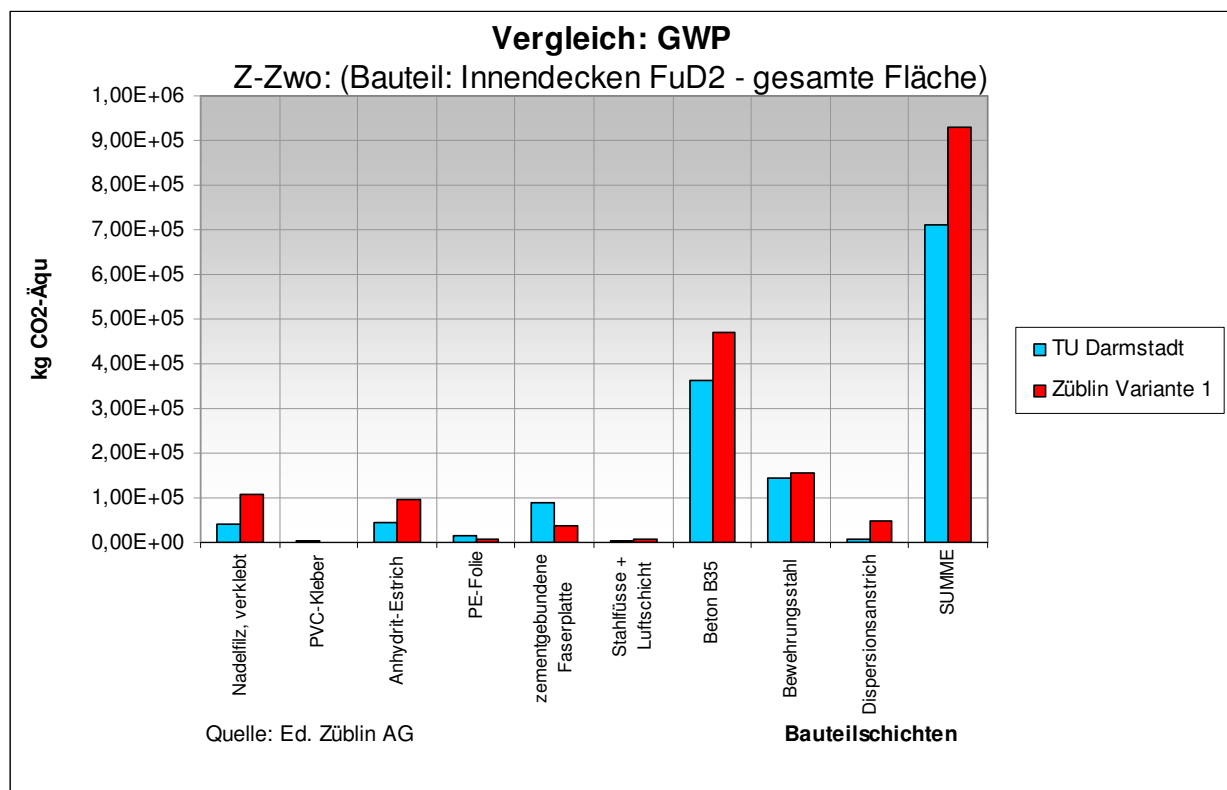
Die EPD des Betons von Ed. Züblin AG entstammt der Ökobau.dat 2010. Eingabefehler durch Ed. Züblin AG konnten nicht festgestellt werden.



Dennoch können folgende Aussagen getätigt werden:

- Die „vereinfachter“ Berechnungsmethodik, durch Ed. Züblin AG ermittelt, führt beim DVA auch bei Variante 2 immer noch zu günstigeren Werten für den Baukörper als TU Darmstadt.
- Bei Z-Zwo wurden die gleichen Varianten durchgespielt. Hier haben sich jedoch die Ergebnisse von TU-Darmstadt bei der Variante 2 angeglichen.
- Die starke Unterschreitung bei Variante 2 ist durch den wesentlich geringeren Betonanteil im DVA-Gebäude und durch den unterschiedlicheren Ansatz der Beton-Mauerwerke zu begründen. Die Zahlen der TU Darmstadt sind nicht offen gelegt, sodass eine genaue Ursachenfindung nicht möglich war.
- Die Schwankungsbreiten beeinflussen folglich auch unterschiedliche Ergebnisse in den Punktzahlen nach den Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 des DGNBs.

In nachfolgenden Abbildungen 3.6.4.3.-20 a-b sind nochmals am Beispiel der Z-Zwo Büro-Zwischendecke DE7 (FuD2) die Einzelergebnisse der Kriterien GWP und EP aus dem Z-Zwo Bericht 3.6.3.3 (Vergleich der Ergebnisse Ökobilanzierung) pro Bauteilschicht gegenübergestellt.



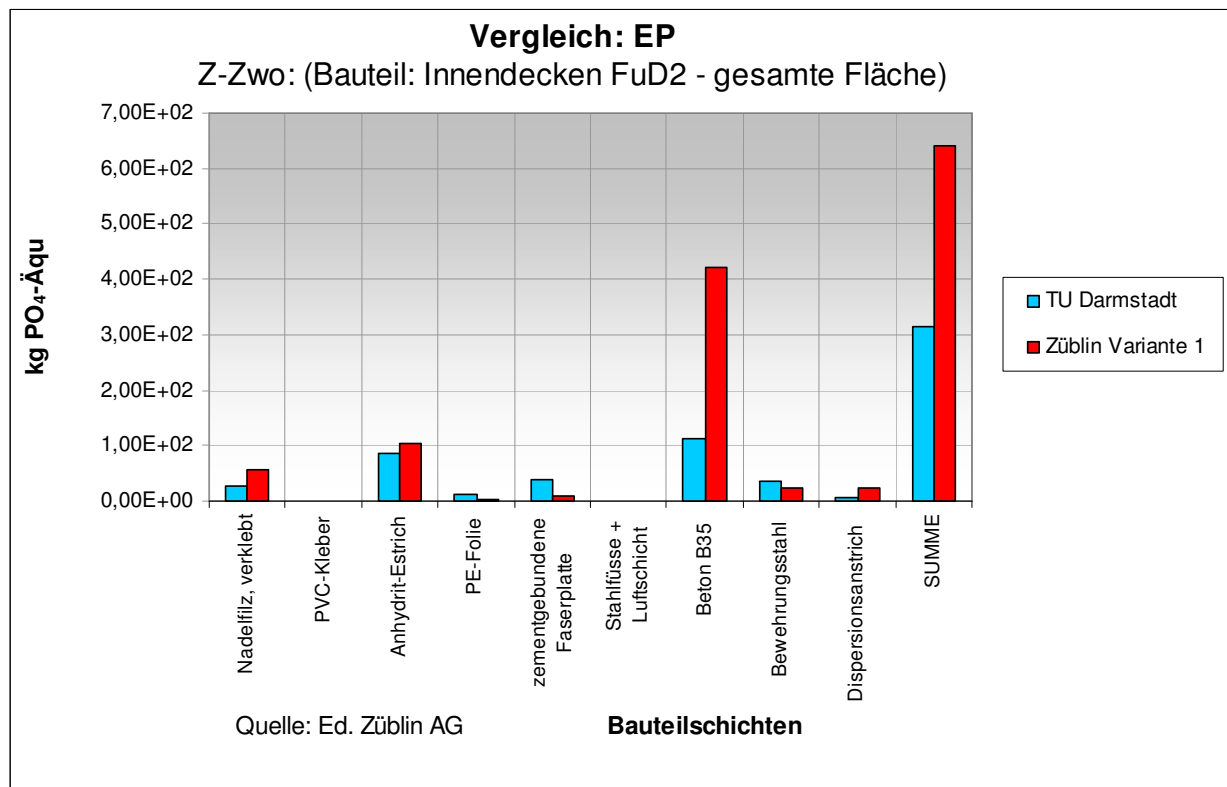


Abbildung: 3.6.4.3.- 20 a-b: Gegenüberstellung der Ökobilanzierungen pro Baustoff und Kriterium, 50a

Vergleich der Ökobilanzierungen Baukonstruktion / Betrieb (Energie)

Die Punktebewertung erfolgt in den DGNB Kriteriensteckbriefen 1,5, 10+11 immer im Zusammenhang mit der Ökobilanzierung des Betriebs (Energie).

Nachfolgend spiegelt die vereinfachte Formel das Prinzip der Bewertung „Ökologische Qualität“ des DGNB wieder, die bereits unter Nr. 1.1.3 näher beschrieben wird:

$$f = \frac{K + N}{K_{ref} + N_{ref}}$$

$$f_{unten} \leq f \leq f_{oben}$$

In der Abbildung 2C.3.5.1.0.-21 werden am Beispiel des Kriteriums GWP die prognostizierten Ökobilanzierungen der Baukonstruktion K (hier: ohne TGA), des Betriebs (N) nach EnEV2007 bzw. tatsächlichem Verbrauch pro m<sup>2</sup> NGF und Jahr gegenübergestellt.

Ist der Betrag der Ökobilanzierung Betrieb wesentlich größer als die Ökobilanzierung Baukonstruktion und TGA, so ist abzuwägen, ob Verbesserungen z.B. in der Baukonstruktion sinnvoll sind, um das vorrangige Ziel „Erreichung der höchsten Punktzahl in den Kriteriensteckbriefen“ zu erreichen.

Im Balkendiagramm werden die Ergebnisse der TU Darmstadt und Ed. Züblin AG aufgeführt.

Im Balken „Baustoffe Ed. Züblin AG“ sind die beiden Ergebnisse der oben erwähnten Varianten 1 und 2 (ohne und mit Epoxidharzbeschichtung / PVC-Kleber ) als Minimum- und Maximalwert berücksichtigt.

Das Verhältnis  $\sim K$  (Ökobilanzierung TU Darmstadt) zu N (EnEV2007) ist 1:8,15 zur Summe  $\sim K+N$ . Die TGA ist hier nicht berücksichtigt (siehe Systemgrenzen).

Zusätzlich sind die Einzelwerte K und N den Referenzwerten  $K_{ref} + N_{ref}$  gegenübergestellt. Der fixe Referenzwert  $K_{ref}$  wird knapp überschritten, während der flexible, gebäudespezifische Referenzwert  $N_{ref}$  unterschritten wird.

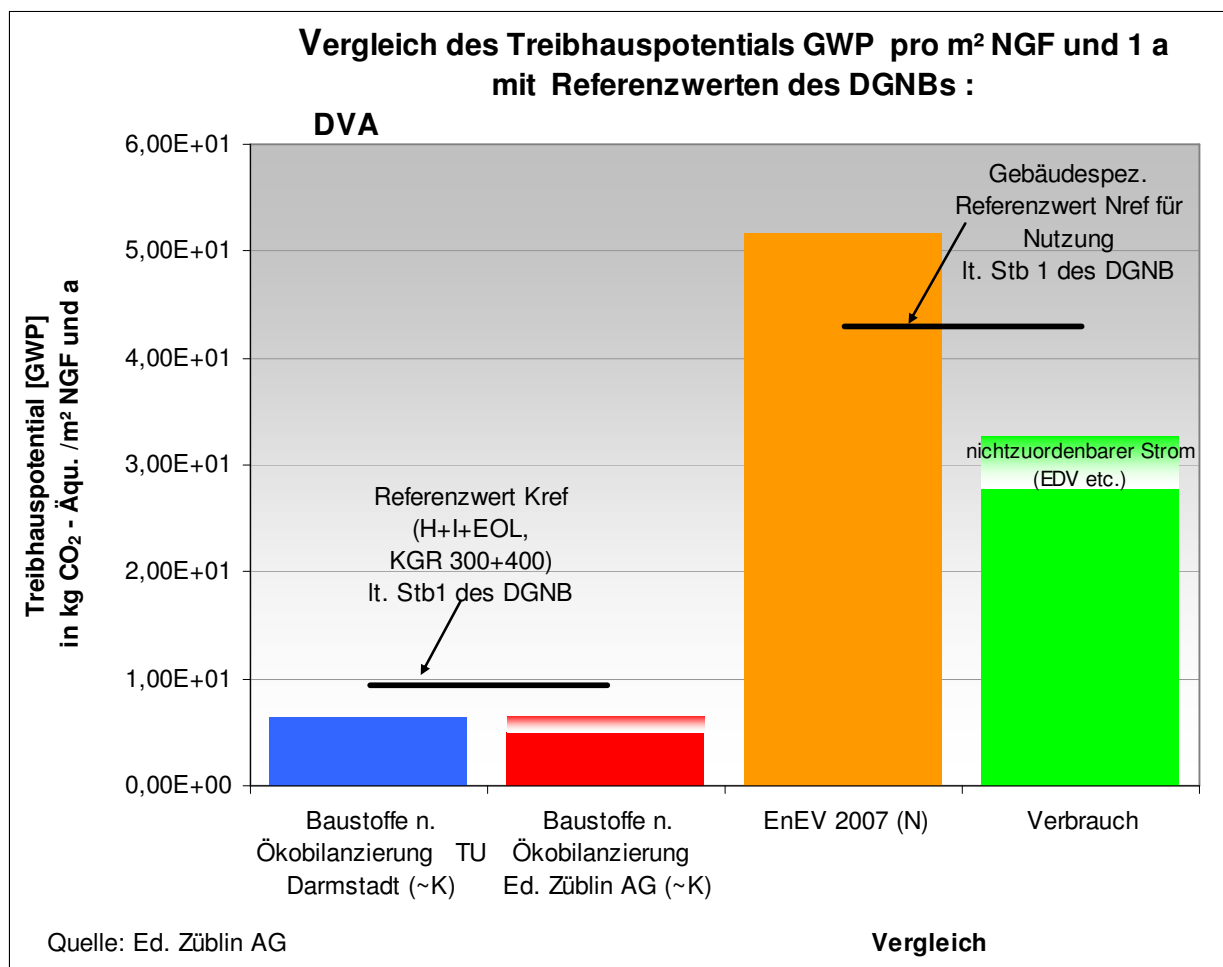


Abbildung: 3.6.4.3.-21: Gegenüberstellung der Kennwerte lt. Kriteriensteckbrief 1 des DGBN am Bsp. DVA

Der höhere Balkenwert „EnEV2007“ zum Balkenwert „Verbrauch2 ist dadurch zu begründen, dass das Gebäude DVA nicht vollständig vermietet ist und die im Untergeschoss befindlichen Archive real nicht so stark beheizt und belüftet werden, wie in der EnEV2007 festgelegt.

Zusätzlich wird in der Berechnung EnEV2007 der Heizungsanteil zu hoch und der Stromanteil zu gering bewertet, welche mit den realen Verbrauchsdaten nicht übereinstimmt.

### Nomogramm: Einordnung der ökologischen Gebäudeergebnisse

Wie bereits unter Nomogramm erwähnt erfolgt die Punktebewertung in den ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 mit nachfolgender vereinfachter Formel:

$$f = \frac{K + N}{K_{\text{ref}} + N_{\text{ref}}}$$

$$f_{\text{unten}} \leq f \leq f_{\text{oben}}$$

Dabei gilt:

$K$  = Prognostiziertes Potential der Baukonstruktion und Anlagentechnik

als jährlicher Durchschnittswert, im Betrachtungszeitraum  $t_d$

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$N$  = Prognostiziertes Potential für den Betrieb des realisierten Gebäudes, abgeleitet aus dem Endenergiebedarf nach EnEV

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

$K_{\text{ref}}$  = Fixer Referenzwert für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik

einzigster fix festgelegter Referenzwert

$N_{\text{ref}}$  = Referenzwert für das jährlich entstehende Potential durch den Betrieb, errechnet aus dem Endenergiebedarf des Referenzgebäudes nach EnEV-Berechnung

*Wert ist gebäudespezifisch und somit flexibel*

Die Ober- und Untergrenze  $f_{\text{unten}}$  und  $f_{\text{oben}}$  sind pro Kriteriumsteckbrief unterschiedlich. Sie definieren die Grenz- und Zielwerte und bestimmen die Mindest- bzw. Maximalpunktzahl. Je kleiner das Verhältnis  $f$ , desto höher ist die zu erreichende Punktzahl.

Die Schwierigkeit an dieser Formel ist, dass  $K$ ,  $N$ , und  $N_{\text{ref}}$  gebäudespezifisch variabel sind. Nur für den Referenzwert  $K_{\text{ref}}$  „jahresbezogener Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik“ ist ein fixer Wert festgelegt.

Die Folge ist, dass die ökologische Qualität eines Gebäudes schwierig in der Entwurfsphase eingestuft werden kann. D.h. nach oben genannter Formel muss aktuell die Ökobilanzierung eines Gebäudes komplett ausgerechnet werden, um eine Aussage für die Punktebewertung definieren zu können.

Um dies in der Entwurfsphase umgehen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten:

5. Sammlung von Kennwerten K, N und  $N_{ref}$  unterschiedlichster Verwaltungstypen. Mit Hilfe dieses Auswahlkataloges können dann in der Entwurfsphase die passenden Bausteine gewählt werden, um erste Bewertungen in ökologischer Hinsicht vornehmen zu können oder
6. Findung eines Schaubilds in dem die gebäudespezifischen Bewertungen sämtlicher Verwaltungsgebäude eingetragen werden können.

Letzter Punkt kann mit nachfolgendem Nomogramm umgesetzt werden. Hier können die gebäudespezifischen Werte anhand oben beschriebener Formel eingestuft und bewertet werden.

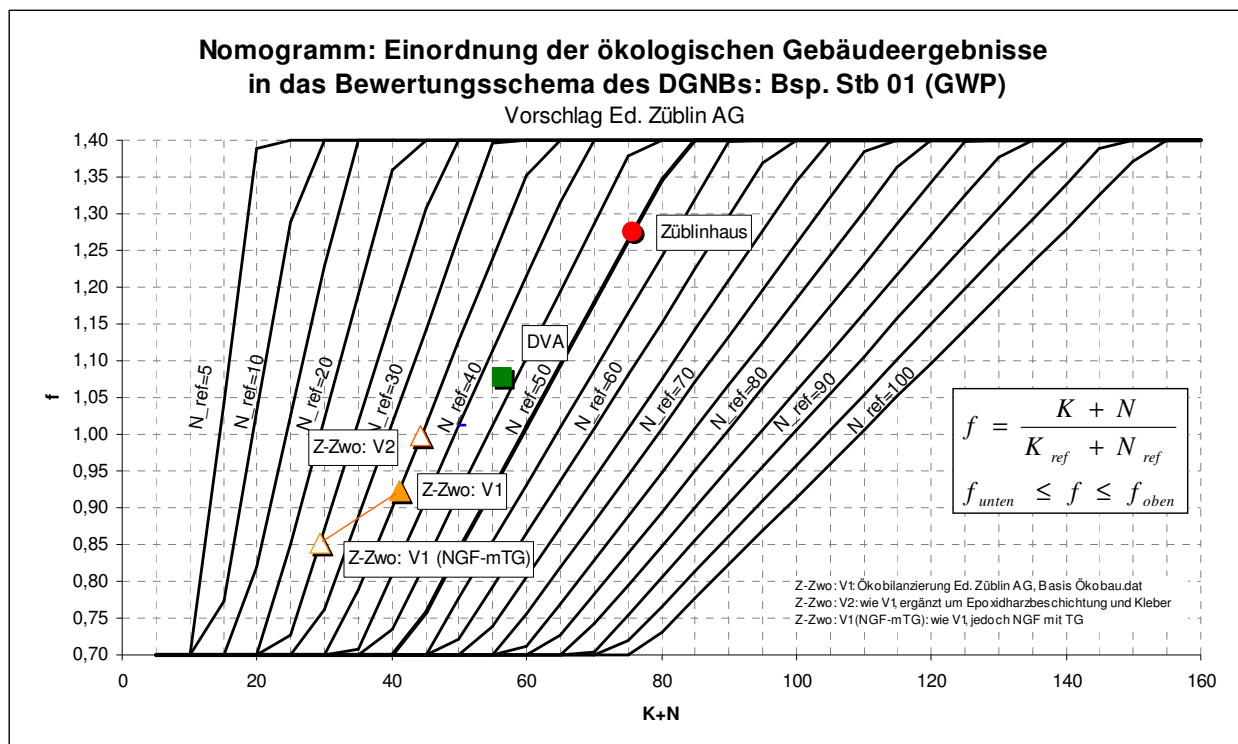


Abbildung: 3.6.4.3.- 22: Nomogramm: Einordnung der Gebäudeergebnisse in das Bewertungsschema des DGNB, Bsp. Stb 1

Als Beispiel sind die Ergebnisse der Züblin - Forschungsprojekte im Nomogramm des Treibhauspotentials eingestuft.

Um verifizierte Aussagen über ein Gebäude in der Entwurfsphase tätigen zu können, müssen im o.g. Nomogramm Daten weiterer Gebäude gesammelt und eingetragen werden. Bei einer ausreichenden Gebäudeanzahl können im Idealfall Linien oder Feldbereiche von Gebäuden ähnlicher Gebäudestruktur, Baukonstruktion oder TGA - Anlagen abgeleitet und festgelegt werden.

In der Entwurfsphase können dann mit Hilfe des erweiterten Nomogramms die Gebäude einer Linie oder einem Feldbereich gleicher Gebäudeart zugeordnet werden. Somit wäre eine ausreichende Erstbewertung des Gebäudes in ökologischer Hinsicht möglich.

Zusätzlich kann das Nomogramm als Kontrollelement bei der Nachweisführung von ökologischen Kriteriensteckbriefen 1-5, 10+11 dienen.

Das Nomogramm kann auf sämtliche ökologische Kriteriensteckbriefe 1-5, 10+11 umgesetzt werden. Die Kurvenspannweiten von  $N_{ref}$  sind dann an die jeweiligen Kriteriensteckbriefe anzupassen.

#### **3.6.4.4 Fazit**

Das DVA Gebäude wurde im Jahr 2006 kernsaniert und besteht im Rohbau aus baujahrstypischen Konstruktionen aus dem Jahr 1957. Die Decken bestehen aus Beton-Rippen mit einer Deckenstärke von ca. 5 cm.

Das Institut Massivbau der Technischen Universität in Darmstadt wurde beauftragt eine Ökobilanzierung durchzuführen.

Auf diesen Basisdaten hat die Firma Ed. Züblin AG zusätzliche Auswertungen vorgenommen. Ein Ziel war festzustellen in welcher Kleinteiligkeit eine Mengenermittlung zu erfolgen hat, um einen ausreichenden Genauigkeitsgrad der Ökobilanzierung zu erreichen.

Anschließend wurden die Ergebnisse der Ökobilanzierung „Baustoffe“ mit der Ökobilanzierung „Betrieb (Energie)“ gegenübergestellt und ein Nomogramm vorgeschlagen, mit dem künftig bereits in der Entwurfsphase eines Gebäudes eine Prognose für die Punktbewertung nach DGNB erfolgen kann.

Die Auswertungen ergaben, dass nach dem unter Gebäudespezifischen Vorgehensweise beschriebenen Erfassungsgrad der Baustoff-Mengenermittlung kein zusätzlicher Aufschlag von 10% für Baustoffe gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 der Kriteriensteckbriefe 1-5,10+11 erforderlich wäre. Hier sollte eine Ausstiegsklausel vom DGNB festgelegt werden. Der gesonderte Aufschlag für fehlende TGA-Geräte in der Ökobilanzierung gemäß vereinfachtem Rechenverfahren A1 sollte über einen gesonderten Aufschlag definiert werden.

Die Aufsummierung der einzelnen 24 festgelegten Bauteilflächen nach Ihrem Gewichtsanteil zur Gesamtbauteilfläche hat ergeben, dass bereits 20 Bauteilen 98 % der Gesamtbauteilfläche erreicht wird.

Dasselbe gilt für die einzelnen Wirkungsbilanzen. Ausgehend davon, dass von allen Baustoffen die exakten EPDs vorliegen, werden bereits knapp 98% der jeweiligen Wirkungsbilanzen mit 20 Bauteilen erreicht. Der Prozentanteil liegt beim Versauerungspotential AP mit 96,42 % am niedrigsten. Die geringfügige Abweichung bei ODP ist zu vernachlässigen, da nach dem Kriteriensteckbrief Nr. 2 des DGNB bereits die volle Punktzahl erreicht wird, wenn die ODP - Berechnung unter Angabe der verwendeten Datenbasen ( $ODP_G = ODP_K + ODP_N$ ) dokumentiert ist. Hintergrund ist, dass bei diesem Kriteriensteckbrief die Datenbasis der Referenzwerte noch aufgebaut werden muss.

Die Findung von Optimierungspotentialen innerhalb der Baustoffe erfolgte beim Forschungsprojekt Z-Zwo. Die Ergebnisaussagen können für das Gebäude DVA übernommen, siehe Kap. 3.6.1

Im nachfolgenden Kap. 3.6.5 wird das Projektkenndatenblatt der Ed. Züblin AG mit der wirtschaftlichen und ökologischen Gewerkeaufschlüsselung vorgestellt. Hier können die jeweiligen ökologischen Gewichtsanteile pro Gewerk und Wirkungsbilanz für das DVA Gebäude entnommen werden.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.6.5 Schnittstellen zur Kalkulation**

#### **3.6.5.1 Allgemeine Grundlagen der Untersuchung**

##### Einleitung

Die Ökobilanzierung, wie in Kapitel 3.6.1 behandelt, basiert auf eine zuvor erstellte Mengenermittlung aller am Gebäude vorliegenden Baustoffe. Daher liegt die Synergie nahe, die Mengenermittlung für die Ökobilanzierung bereits im Zuge der Mengenerfassung in den Kalkulations- bzw. Ausführungsphasen mit einzubeziehen.

Im Spannungsfeld zwischen Kosten- und Ökologieoptimierung kann der Generalunternehmer eine wichtige Schlüsselrolle übernehmen, um die notwendigen Materialdaten und Gerätelisten aus den Kalkulations- und Ausschreibungsphasen zu liefern, damit Optimierungsprozesse gefunden werden.

Die ARRIBA<sup>®</sup> unterstützte Kalkulationsbearbeitung und die dazu notwendigen Kontrollmechanismen, wie Projektkenndatenblätter, sind beim Generalunternehmer bereits so fortgeschritten und ausgereift, sodass externe Softwareprogramme wie LEGEP<sup>®</sup>, nicht auf das bestehende Angebotswesen eines Generalunternehmers übergestülpt werden können.

Vielmehr müssen die Prozessabläufe einer Ökobilanzierung verstanden sowie die Stellschrauben und Optimierungspotentiale im Genauigkeitsgrad gefunden werden, um die notwendigen Maßnahmeschritte für die Einbindung der Ökobilanzierung in die ARRIBA® unterstützte Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware für heute und in naher Zukunft finden zu können.

In Kapitel 6 werden die hier notwendigen Maßnahmeschritte aufgegriffen und die dazu erforderlichen Tools weiterentwickelt.

Bezüglich den Stellschrauben und Genauigkeitsgrad der Flächenberechnung wurde in Kapitel 3.6.1 eingegangen.

### Ziele

Um die gemeinsamen Schnittstellen zwischen Ökobilanzierung und Kalkulation feststellen zu können, erfolgten im Rahmen der Forschungsarbeit folgende Arbeitsschritte:

- Eigenständige rechnerische Ermittlung der Ökobilanzierung gemäß Vorgaben des DGNBs zur Findung der Prozessabläufe
- Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden
- Festlegung der erforderlichen Arbeitsschritte, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der ARRIBA® - basierenden Kalkulation zu erreichen.

### **3.6.5.2 Ermittlung der Ökobilanzierung und Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt**

#### Einleitung

Der Generalunternehmer muss, ob funktionale oder detaillierte Bauherrenbeschreibung, innerhalb einer kurzen Bearbeitungszeit ein Angebot in der vom Bauherrn gewünschten Abgabeform erstellen. Dabei soll im Idealfall das Angebot attraktiv für den Bauherrn und gleichzeitig risikofrei für den Generalunternehmer sein.

Ein Kontrollinstrument innerhalb der Angebotsphase der Ed. Züblin AG ist, dass sämtliche erstellte Leistungspositionen, in der ARRIBA® unterstützten Kalkulationsbearbeitung, Gewerkegruppen zugeordnet werden. Hierbei hat die Ed. Züblin AG bereits seit Jahrzehnten eine firmeneigene Z1.Z2 Struktur entwickelt.

Die Z1-Struktur fasst die jeweiligen Gewerke - Hauptgruppen zusammen, während die Z2 Struktur die Untergruppen zu den entsprechenden Hauptgruppen bilden.



Bsp.:           **Z1.Z2**  
**21**    DACHDECKUNG UND –ABDICHTUNGEN  
...  
**21.20** Dachabdichtungen  
**21.21** Bitumendach  
**21.22** Foliendach  
...

Die Z1.Z2 Strukturform verfolgt im wesentlichen folgende Ziele:

- Umwandlung aller Angebotsabgabeformen der Bauherren auf eine vergleichbare, bauherrenunabhängige Grundstruktur
- die Z1.Z2 Gewerkestruktur ermöglicht eine Angebotsabfrage bei den Subunternehmern zur Risikominderung des GU-Angebots
- Im Auftragsfall ist die Z1.Z2 Gewerkestruktur die Basis für die Arbeitskalkulation
- Die Gewerkezuordnung ermöglicht über gebäudespezifische Kenndaten ähnliche Gebäudetypen miteinander zu vergleichen, wie nachfolgendes entwickelte Projektkennndatenblatt der Ed. Züblin AG zeigt.

#### Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkennndatenblatt

Die nachfolgende Abbildung 3.6.5.2.-1 zeigt einen Auszug aus dem Projektkennndatenblatt für Herstellkosten, welches als Kontrollmechanismus innerhalb der Angebotsphase eingesetzt wird.

Abbildung: 3.6.5.2.- 1: Projektkenndatenblatt der Ed. Züblin AG

Wie zu erkennen ist, werden die Herstellkosten in die jeweiligen Z1- Leistungsbereiche verteilt. Aus den Teilsummen werden die entsprechenden prozentualen Gewichtungsanteile zu den Gesamtherstellkosten und die jeweiligen Kennwerte €/m<sup>3</sup> BRI gebildet.

Zusätzlich kann das Gebäude in mehrere Bauteile untergliedert werden. Ein typisches Beispiel ist die Unterteilung in Unter- und Obergeschoss, da Untergeschosse in der Regel rohbaulastiger sind und ansonsten das Gesamtergebnis verfälschen würden.

Mit Hilfe der Kennwerte %-Anteil und €/m<sup>3</sup> BRI können Abweichungen und Ursachen zu ähnlichen Gebäudetypen abgeleitet oder Fehler in der Kalkulation erkannt werden.

In der Kennwertbildung pro Gewerk wird die Möglichkeit gesehen, bereits in der Angebots- oder Ausführungsphase, eine Brücke bei den Optimierungsprozessen zwischen Ökologie und Wirtschaftlichkeit, zu schlagen.



| 21 - Leistungsbereich            | Kostenverteilung<br>hier: nur Rohbau, Fas und Ausbau |          |         | Volumenverteilung |      |          | Gewichtverteilung |      |            | Umweltverteilung in a<br>SUMME PE = PE <sub>ne</sub> + PE <sub>e</sub> |          |             | Umweltverteilung in a<br>GWP |                         |         | Umweltverteilung in a<br>ODP |          |            |
|----------------------------------|--|----------|---------|-------------------|------|----------|-------------------|------|------------|--|----------|-------------|------------------------------|-------------------------|---------|------------------------------|----------|------------|
|                                  | NGF [m2]   | BRI [m3] | (TEuro) | NGF [m2]          | (%)  | Euro/m3  | NGF [m2]          | (%)  | t          | NGF [m2]   | (%)      | MJ          | (%)                          | kg CO <sub>2</sub> -Äqu | (%)     | kg ODP-Äqu                   | (%)      | kg R11-Äqu |
| 10 Sondereinbau                  | 4.500  | 47,5%    | 9.455,3 | 86,0%             | 0,87 | 22.907,7 | 94,3%             | 2,12 | 27.630.936 | 51,2%  | 25.442,9 | 3.947.686,8 | 70,9%                        | 383,51                  | 1,4E-01 | 60,0%                        | 1,27E-05 |            |
| 21-11 BE                         |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-12 Erdarbeiten                |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-13 Erdbau / Frucht abd.       |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-14 Mauerarbeiten              |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-15 Beton Stahlbeton           |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-16 Betonfertigteile           |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-17 Zimmerholzbau              |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-18 Stahlbau                   |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-19 Sonst. Rohbau (Umbau...)   |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-21 Dachdeckung und Dichtung   |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-22 Klempner                   |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-23 Dachbolzler / RWA-Anl.     |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-23 Außenbau Dach              | 0,8%   |          | 442,7   | 4,0%              | 0,04 | 216,1    | 0,9%              | 0,02 | 4.199.143  | 7,8%   | 388,66   | 304.126,1   | 5,5%                         | 28,00                   | 1,9E-02 | 8,3%                         | 1,75E-06 |            |
| 21-24 Fenster / Fassadenfenster  |  |          | 39      | 0,4%              | 0,00 | 106      | 0,4%              | 0,01 | 5.930.847  | 11,0%  | 346,12   | 3.765.17,9  | 6,9%                         | 34,67                   | 2,0E-02 | 8,8%                         | 1,86E-06 |            |
| 21-25 Fassadenverkleidung        |  |          | 160     | 1,4%              | 0,01 | 19       | 0,1%              | 0,00 | 1.377.496  | 2,6%   | 126,84   | 818.02,2    | 1,5%                         | 7,46                    | 6,2E-03 | 2,7%                         | 5,75E-07 |            |
| 21-26 Röhren / Sonnenschutz      |  |          | 5       | 0,0%              | 0,00 | 12       | 0,1%              | 0,00 | 1.511.684  | 2,8%   | 139,29   | 840.14,5    | 1,5%                         | 7,74                    | 7,3E-03 | 3,2%                         | 6,22E-07 |            |
| 21-27 Außenputz                  |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-28-29 Gerüstbau Sonst. Ausbau |  |          |         |                   |      |          |                   |      |            |  |          |             |                              |                         |         |                              |          |            |
| 21-29 Außenbau Fassade           | 24,9%  |          | 203,5   | 1,8%              | 0,02 | 137,1    | 0,6%              | 0,01 | 3.820.027  | 7,1%   | 812,16   | 541.834,6   | 9,7%                         | 49,89                   | 3,4E-02 | 14,6%                        | 3,11E-06 |            |
| 21-31 Werkstatteinbau            |  |          | 37      | 0,3%              | 0,00 | 84       | 0,3%              | 0,01 | 1.043.105  | 1,9%   | 96,05    | 806,95,1    | 1,4%                         | 7,43                    | 5,0E-03 | 2,2%                         | 4,62E-07 |            |

Abbildung: 3.6.5.2.- 3: Gewerkespezifischer Gewichtungssvergleich zwischen Kosten und jeweiliger Wirkungsbilanz

In der Abbildung 3.6.5.2.-3 werden die erweiterten Kennwerte (Volumen, Gewicht, Wirkungsbilanzen) jeweils auf die vom DGNB festgelegte, gebäudespezifische Nettogeschossfläche  $NGF_{DGNB}$  bezogen.

Hier ist abzuwägen, ob die Bezugsfläche  $NGF_{DGNB}$  besser durch das Gesamtbaustoffvolumen ersetzt werden sollte. Grund dafür ist, dass in der  $NGF$ -Fläche nach DGNB nicht alle Flächen hinzugezählt werden dürfen (Bsp. Tiefgaragenflächen).

Dadurch kann es eine Verzerrung der Kennwerte zwischen zwei Gebäudedaten geben und die Vergleichbarkeit ist nicht möglich, wenn Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit gefunden werden sollen.

Die Notwendigkeit dieser Informationen zur Ökobilanzierungen während der Angebotsphase wird künftig verstärkt ansteigen. Insbesondere dann, wenn Großflächen am Gebäude oder EPD-lastige Baustoffe eingesetzt werden, siehe hierzu die Auswertungen in Kapitel 3.6.1.

(EPD = Umweltproduktdeklaration, Environmental Product Declaration).

Ermittlung der Ökobilanzierung sowie Anbindung der Ergebnisse an das Projektkenndatenblatt der Ed. Züblin AG

Damit die notwendigen Maßnahmeschritte für die Einbindung der Ökobilanzierung in die ARRIBA® unterstützte Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware für heute und in naher Zukunft gefunden werden können, war eine eigenständige Berechnung zur Ökobilanzierung der TU Darmstadt erforderlich, um die Prozessabläufe der Ökobilanzierung gemäß Steckbriefen des DGNB verstehen zu können.

In Kapitel 3.6.1 wurde bereits auf die Unterschiede und Zielsetzungen eingegangen.

In nachfolgender Abbildung 3.6.5.2.-4 ist ein Ausschnitt der eigenständigen Ökobilanzierung mit Zuordnung der erforderlichen Z1-Gewerkelisten pro Bauteilschicht für das oben erwähnte Projektkenndatenblatt dargestellt.

| zu Bezugsquellen |            |         |                            | Betrachtungszeitraum in a                 |  |                    |                               | 50   |                    |           |   |       |                                     |
|------------------|------------|---------|----------------------------|---|--|--------------------|-------------------------------|--|--------------------|-----------|---|-------|-------------------------------------|
| lfd. Nr.         | Z1         | Et. Nr. | Nr. Bauteilschicht lt. BTK | Bauteil                                   | mittlere Lebenserwartung <sup>1)</sup> | Faktor Herstellung | rechtn. Faktor Instandhaltung | Abs. Faktor Instandhaltung mit Bezug auf Bauteilaufbau | Bauteilbezugsmenge | Einheit   | EOL Basisname lt. Ökobau.dat 2010<br>Bezug genommen direkt aus Sheetblatt Ökodat(H+I)KGR300, Spalte T<br>Ökodat.bau 2010, Stand Dez. 2008 |       | Einheit EOL u H+I nicht immer ident |
| <b>1</b>         | <b>FD1</b> |         |                            | <b>Flachdach Terrassen über 03.05. OG</b> |  |                    |                               |  | <b>703,8</b>       | <b>m2</b> |   |       |                                     |
| 43               |            |         | 1                          | Dispersionsanstrich                       | 15                                     | 1                  | 3                             | 3  | 872,7              | kg        | 9.5.4 Verbrennung von Hausmüll in MVA   | Masse |                                     |
| 15               |            |         | 2                          | Beton C35/45 FT                           | 100                                    | 1                  |                               |  | 80.125,4           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 15               |            |         | 3                          | Bewehrung                                 | 100                                    | 1                  |                               |  |                    |           | Recyclingpotential nicht bewertet, lt. Ökobau.dat   |       |                                     |
| 15               |            |         | 4                          | Beton C30/37 Ortbeton                     | 100                                    | 1                  |                               |  | 176.275,8          | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 15               |            |         | 5                          | Bewehrung                                 | 100                                    | 1                  |                               |  |                    |           | Recyclingpotential nicht bewertet, lt. Ökobau.dat   |       |                                     |
| 33               |            |         | 6                          | Gefälle-Estrich                           | 80                                     | 1                  |                               |  | 56.302,4           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 7                          | Dampfsperre bit.                          | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 3.518,9            | kg        | 6.2.5 Verbrennung von Altteppichboden in MVA  | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 8                          | EPS-Schaum 041                            | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 1.407,6            | kg        | 9.5.4 Verbrennung von Hausmüll in MVA   | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 9                          | Dachabdichtung bit. 2-lagig               | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 10.556,7           | kg        | 6.2.5 Verbrennung von Altteppichboden in MVA  | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 10                         | Schutzvlies 300g                          | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 210,6              | kg        | 6.2.5 Verbrennung von Altteppichboden in MVA  | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 11                         | Kies                                      | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 50.672,2           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 21               |            |         | 12                         | Betonplatten                              | 30                                     | 1                  | 1                             | 1  | 64.747,8           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| <b>2</b>         | <b>FD2</b> |         |                            | <b>Galerie über 05.0G Innenhof</b>        |  |                    |                               |  | <b>256,2</b>       | <b>m2</b> |   |       |                                     |
| 43               |            |         |                            | Dispersionsanstrich                       | 15                                     | 1                  | 3                             | 3  | 317,7              | kg        | 9.5.4 Verbrennung von Hausmüll in MVA   | Masse |                                     |
| 16               |            |         | 1                          | Beton C35/45 FT                           | 100                                    | 1                  |                               |  | 29.169,5           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 16               |            |         | 2                          | Bewehrung                                 | 100                                    | 1                  |                               |  |                    |           | Recyclingpotential nicht bewertet, lt. Ökobau.dat   |       |                                     |
| 15               |            |         | 3                          | Beton C30/37 Ortbeton                     | 100                                    | 1                  |                               |  | 64.172,9           | kg        | 9.5.1 Bauschutt Aufbereitung  | Masse |                                     |
| 45               |            |         | 4                          | Bewehrung                                 | 100                                    | 1                  |                               |  |                    |           | Recyclingpotential nicht bewertet, lt. Ökobau.dat   |       |                                     |

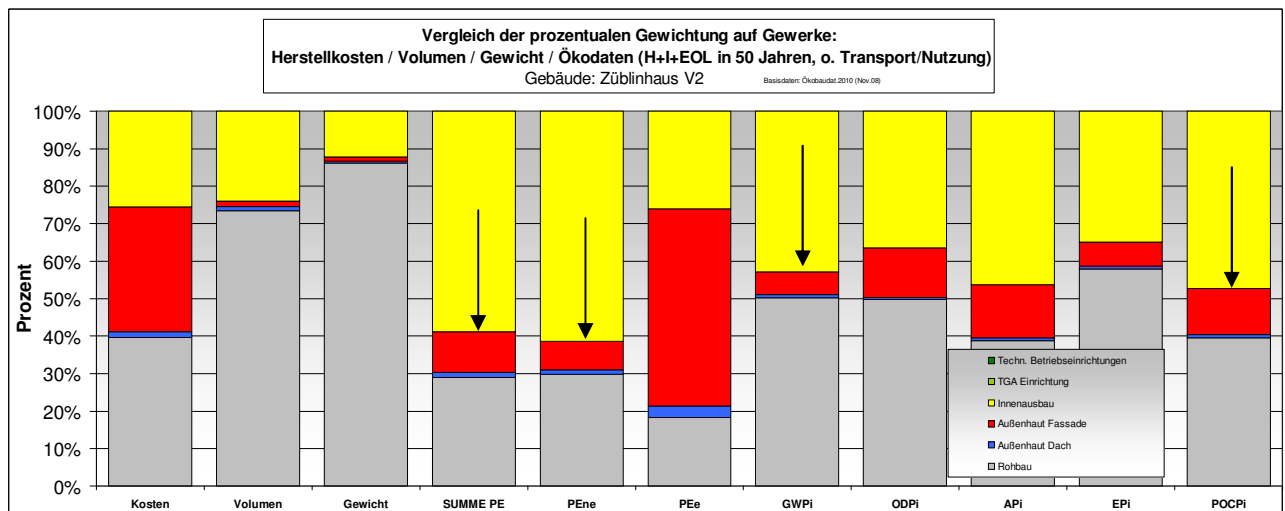
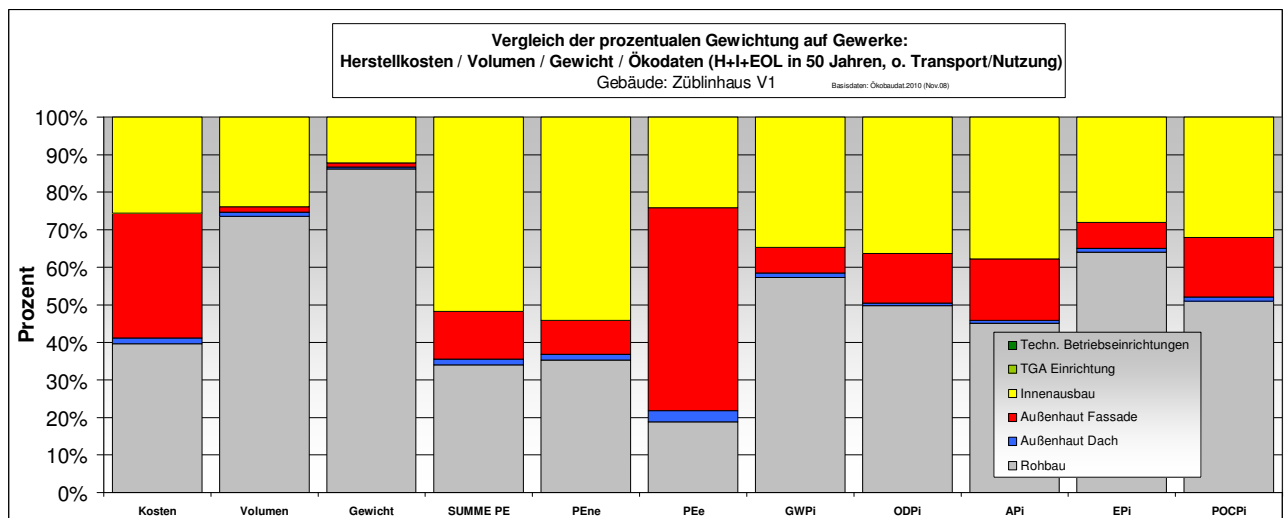
Abbildung: 3.6.5.2.- 4: : Gewerkspezifische Zuordnung der einzelnen Bauteilschichten

Auf die Auswertungen wird hier nicht näher darauf eingegangen. Sie dient lediglich zur Findung notwendiger Schnittstellen zur ARRIBA® unterstützten Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware.



Nachfolgendes Diagramm zeigt für alle drei Gebäude jeweils ein Anschauungsbeispiel für die grafische Gesamtdarstellungsmöglichkeit (Kosten, Volumen, Gewicht und Wirkungsbilanzen) zweier Variantenberechnungen und ihre Auswirkungen auf die Hauptgewerkgruppen „Rohbau“, „Dachabdichtungen“, „Fassade“ und „Innenausbau“, bereits bei Änderung von Baustoffen (Beschichtung, Teppichkleber) mit geringem Volumen und Gewichtsanteil.

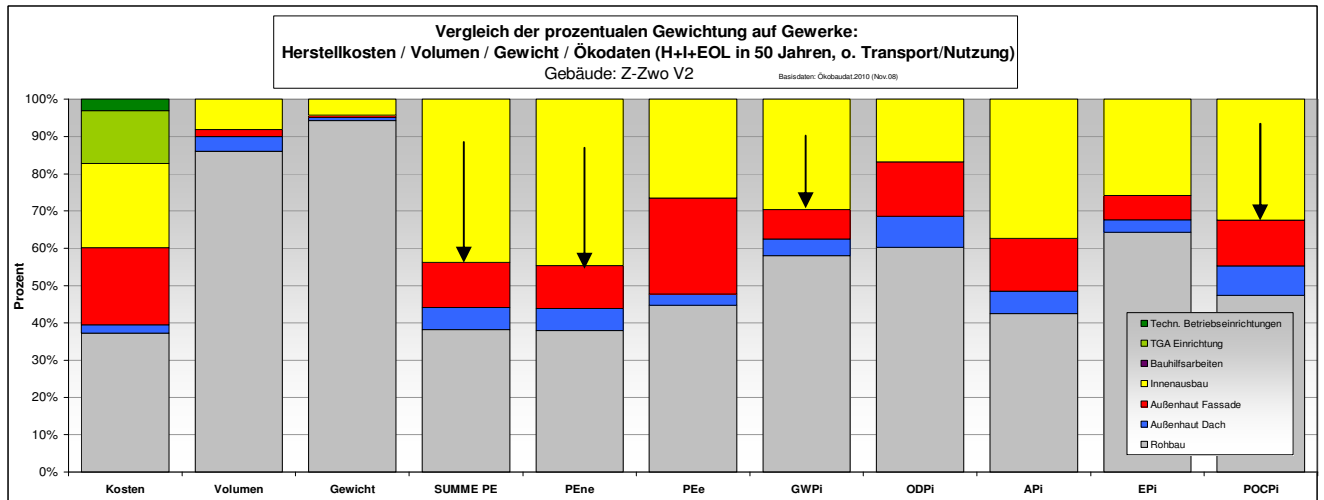
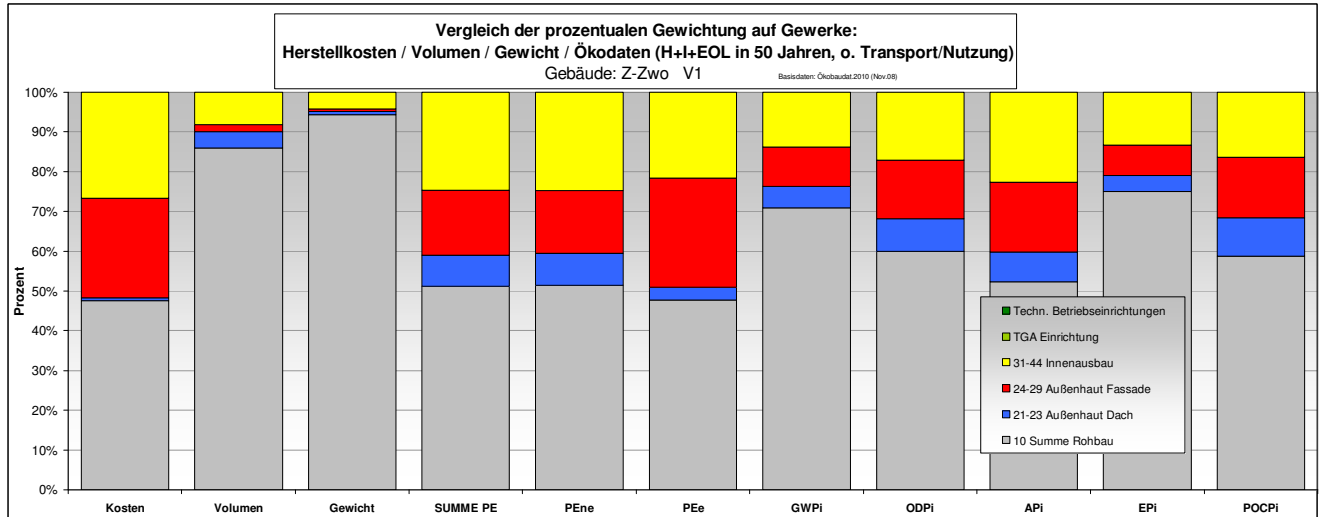
*Züblin-Haus*



Variante 1: exkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber,

Variante 2: inkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber , siehe hierzu Kapitel 3.6.1.

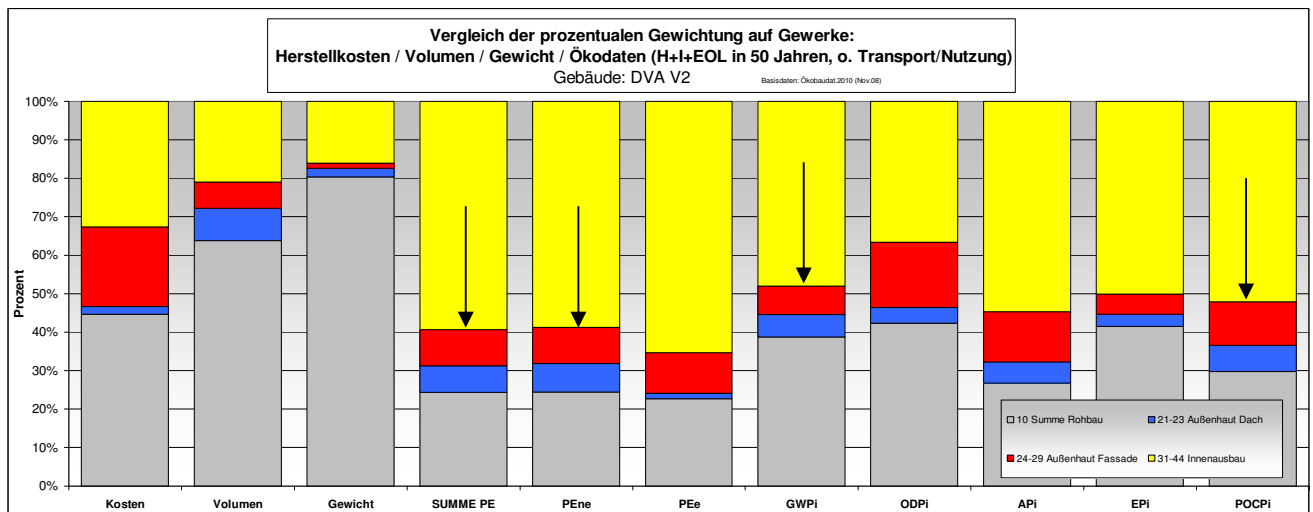
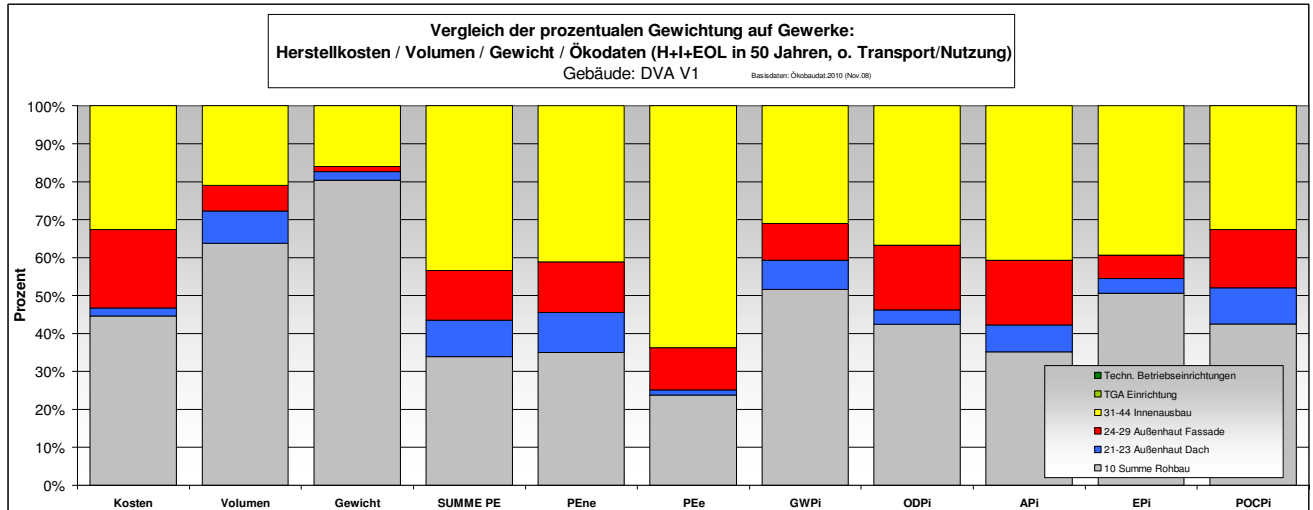
Z-ZWO



Variante 1: exkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber,

Variante 2: inkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber , siehe hierzu Kapitel 3.6.1.

DVA



Variante 1: exkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber,

Variante 2: inkl. Berechnung der EPDs für Bodenbeschichtung und Teppichkleber , siehe hierzu Kapitel 3.6.1.



### 3.6.5.3 Aufstellung der notwendigen Maßnahmeschritte für die Einbindung der Ökobilanzierung in die ARRIBA® unterstützte Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware

#### Einleitung

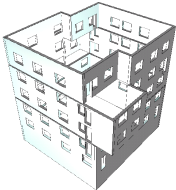
Nachfolgend werden zuerst die aktuellen Kalkulationstools und Unterschiede der Hauptgewerkegruppen „Rohbau“ und „Ausbau“ beschrieben.

Anschließend erfolgt die Aufstellung aller zusätzlichen Baustoffkennwerte aus der Ökobilanzierung, um danach die erforderlichen, notwendigen Maßnahmeschritte zur Anbindung der Ökobilanzierung an die ARRIBA® unterstützte Angebots- und Arbeitskalkulationssoftware ableiten zu können.

Zum Schluss erfolgt eine Prognose der kurz- und langfristigen Umsetzungsmöglichkeiten.

#### Istanalyse angewandter Kalkulationstools

In nachfolgende Tabelle werden die aktuell angewandten Kalkulationstools pro Hauptgewerk am Beispiel Rohbau und Ausbau beschrieben:

|   | Kalkulationstools   |
|---|---|
|  | <p><b>Rohbau:</b></p> <p>Muster-Leistungsverzeichnis, kalkuliert auf Kostenarten.</p> <p>D.h jede LV-Position wird auf einzelne erforderliche Baustoffe heruntergebrochen, sodass die erforderlichen Volumina und Gewichte der begrenzten Baustoffkategorien (Mauerwerk, Beton, Bewehrung, Abdichtung, Wärmedämmung) für die Ökobilanzierung ohne wesentlichen Aufwand ermittelt werden können.</p> <p>Die Rohdichten der oben aufgeführten Baustoffkategorien sind in der Literatur bekannt.</p> <p>Zusätzlich erstellte LV-Positionen zu den enthaltenen LV-Positionen im Muster-Leistungsverzeichnis sind im Gegensatz zum Gewerk Ausbau äußerst selten, sodass beim Rohbau davon ausgegangen werden kann, dass aufgrund des statischen Systems während der Kalkulationsphase nahezu alle ermittelten Baustoffmengen in der Ökobilanzierung berücksichtigt werden.</p> <p>Neben Baustoffmengen können für die Baustellenprozesse</p> |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>Informationen aus den erstellten Gerätelisten erfasst werden und dadurch reale Bauprozesse für die Ökobilanzierung abgeleitet werden.</p> <p>Einstufung der Umsetzungsmöglichkeit „Ökobilanzierung“ in Angebotsphase: <b>hoch</b></p>   |
|  | <p><b>Ausbau:</b></p> <p>Muster-Leistungsverzeichnis oder in ausgewählten Gewerken Eigenkalkulation.</p> <p>Bei Anwendung des herkömmlichen Muster-Leistungsverzeichnisses ist in der Regel pro Bauteilschicht eine LV-Position vorgesehen. Die Definition der individuellen Baustoffdicken erfolgt direkt im LV-Text und nicht in der Kostenart. Sodass aus diesen LV-Positionen die erforderlichen Volumina und Gewichte für die Ökobilanzierung nicht direkt abgeleitet werden können. Hier ist eine Änderung oder ein Tool einer automatischen Volumina-Umrechnung erforderlich.</p> <p>Erschwerend kommt hinzu, dass das Muster-Leistungsverzeichnis nicht alle erforderlichen LV-Positionen enthalten kann, die bei der individuellen Ausschreibung eines Nichtwohnungsbaus notwendig sind. Die Folge ist, dass grundsätzlich ergänzende LV-Positionen vom Kalkulator eingepflegt werden müssen.</p> <p>Im Worst Case beinhalten die zusätzlichen LV-Positionen statt einer Bauteilschicht mehrere Bauteilschichten. Bei diesen LV-Positionen ist die Ableitung der Volumina und Gewichte nicht automatisch ermittelbar.</p> <p>Aufgrund des nicht statischen Systems, im Gegensatz zum Rohbau, finden bei dieser Kalkulationsvorgehensweise im Ausbau nicht alle ermittelten Baustoffmengen in der Ökobilanzierung Berücksichtigung.</p> <p>Bei Anwendung der Eigenkalkulation (z.B. Gipskartonständerwände) werden die einzelnen Baustoffmengen bis zum kleinsten Bauteil heruntergebrochen. Hier können notwendige Volumina und Gewichte der Baustoffe für die Ökobilanzierung leichter erfasst und ausgewertet werden.</p> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Neben Baustoffmengen können in den Gewerken mit Eigenkalkulation für die Baustellenprozesse Informationen aus den erstellten Gerätelisten erfasst werden und dadurch reale Bauprozesse für die Ökobilanzierung abgeleitet werden.</p> <p>Einstufung der Umsetzungsmöglichkeit „Ökobilanzierung“ in aktuelle Angebotsphase: <b>niedrig</b></p> <p>→ Bessere Umsetzungsmöglichkeit wird mit Hilfe der 3-D Planung gesehen.</p> |
|--|---|

Nachfolgende Abbildung 3.6.5.3.-5 stellt die Ausrichtung der künftigen Modellierungen in der 3D/4D und 5D Planung dar, die Auswirkungen auf die Kalkulation und Ökobilanzierung haben werden.

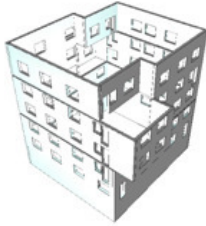
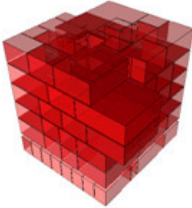
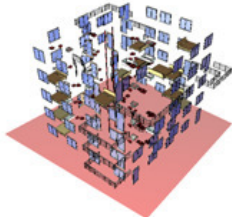
| <b>Gewerk, z.B.:</b>  | <b>Rohbau</b>  | <b>Ausbau</b>   | <b>TGA</b>   |
|---|--|---|--|
| <i>Modellierung 3D<br/>4D und 5D und die<br/>Kalkulation ist:</i> | <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>Elementbezogen</b></div>  | <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">Elementbezogen<br/><b>Raumbezogen</b></div>  | <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"><b>Elementbezogen</b><br/>Raumbezogen</div>  |

Abbildung: 3.6.5.3.- 5: : Modellierung 3D bei unterschiedlichen Gewerken (Quelle: 5D-Gruppe, Ed. Züblin AG)

Die Gewerke Rohbau, Fassade und TGA sind im wesentlichen Elementbezogen. D.h. eine Wandscheibe, ein Deckenelement oder ein Heizkörper werden als eigenständige Bauteile betrachtet.

Beim Ausbau werden nur Tragunterkonstruktionen wie Gipskartonständerwände Elementbezogen sein. Die restlichen Baustoffe des Ausbaus sind Raumbezogen. D.h. sämtliche Flächen werden ähnlich früheren Raumbüchern, pro Raum definiert und erfasst, daher die Bezeichnung Raumbezogen.

Für die Ökobilanzierung mit dem Ziel der kompletten Baustofffassung heißt dies, dass

- die Ökobilanzierung von Elementbezogenen Baustoffen mit einer Lebensdauer in der Regel von > 50 Jahren, wie z.B. des Rohbaus, oder alleinstehende Fassadenelemente, wie z.B. Pfostenriegelkonstruktionen, ohne zusätzliche Zwischentools ermittelt werden können
- die Ökobilanzierung von Raumbezogenen Baustoffen jedoch eine Zuordnung zu kompletten Bauteilaufbauten benötigen, um die Instandhaltungsintervalle innerhalb einer Gebäudelebensdauer von 50 Jahren und Recyclingfähigkeiten einzelner Baustoffschichten definieren zu können.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist, ab welchem Planungszeitpunkt ein hoher Genauigkeitsgrad in der Ökobilanzierung erreicht werden kann.

Nachfolgende Abbildung 3.6.5.3.-6 stellt eine Abschätzung der Ed. Züblin AG dar, welche Genauigkeitsgrade in der Ökobilanzierungen zum Zeitpunkt der Angebotsphase bzw. nach Fertigstellung des Gebäudes im Vergleich zum Genauigkeitsgrad der Herstellkostenermittlung zum Zeitpunkt der Angebotsphase erreicht werden können.

Bei der Ermittlung der Herstellkosten kann bei einer detaillierten Ausschreibung und bei einer sorgfältigen Bearbeitung in allen vier Gewerken ein sehr hoher Genauigkeitsgrad aufgrund langjährigen Erfahrungen erreicht werden. In der Regel kann von einem Genauigkeitsgrad von ca.  $\pm 98\%$  ausgegangen werden.

Dieser Genauigkeitsgrad könnte in der Ökobilanzierung in den Gewerken Rohbau und Fassade bereits in der Kalkulationsphase erreicht werden. Die Gründe liegen daran, dass es sich im wesentlichen um Elementbezogene Baustoffe handelt und die Anzahl der Baustoffe begrenzt sind und diese sich in den Mengen und Baustoffart bis zur Fertigstellung unwesentlich ändern werden.

Voraussetzung hierfür ist, dass in der Ausführungsphase keine wesentlichen Änderungen am Baukörper vorgenommen werden.

Beim Ausbau werden in der Kalkulationsphase nur Typenbezeichnungen festgelegt. Zu diesem Zeitpunkt werden vom Planer (Architekt) in der Regel noch keine festen Baustoffdefinitionen definiert. Des weiteren ist der Ausbau sehr stark auf Details mit Darstellung kleinteiliger Bauelemente abhängig, die zum Zeitpunkt der Kalkulation noch nicht vorliegen und auch in der Angebotsphase nicht als Baustoff aufgenommen werden (z.B. Teppichkleber, sämtliche dauerelastischen Verfugungen etc.).

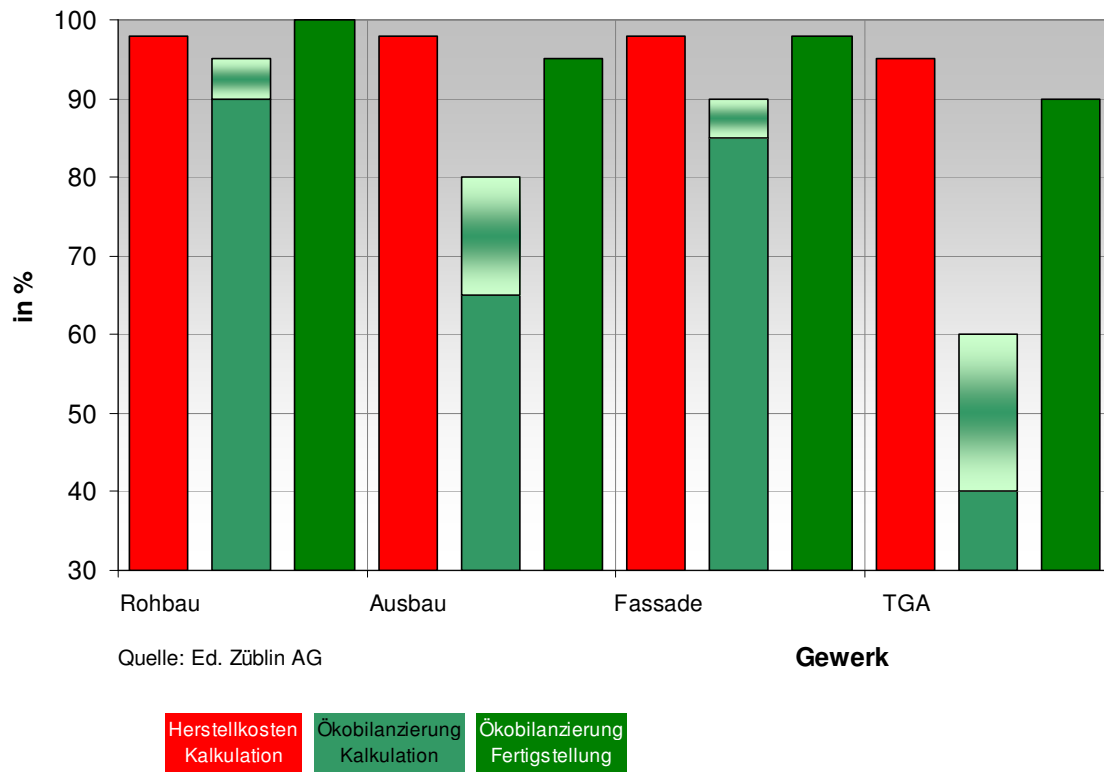


Abbildung: 3.6.5.3.- 6: : Abschätzung der maximal möglichen Genauigkeitsgrade der Herstellkosten bzw. Ökobilanzierung zum Zeitpunkt der Kalkulationsphase bzw. Fertigstellung des Gebäudes

D.h. von der Angebotsphase bis zur Fertigstellung des Gebäudes werden im Ausbau unzählige Baustoffänderungen erfolgen. Diese Störfaktoren sind beim Planer, Bauherr, Mieter, Subunternehmer, Ausschreibende Firma oder Bauleiter vor Ort zu finden. Die Folge ist, dass beim Ausbau erst nach Fertigstellung sämtliche Baustofftypen und ihre Mengen exakt festgestellt werden können. Hier ist natürlich wichtig, zu welchem Anteil tatsächlich EPD-ungünstige Baustoffe mit geringem Mengenanteil die Ökobilanzierung im Gesamtergebnis ausschlaggebend beeinflussen werden.

Beim Gewerk TGA verhält es sich wie beim Gewerk Ausbau, jedoch mit dem zusätzlichem Schwierigkeitsgrad der teils nicht umsetzbaren Mengenermittlung.

#### Aufstellung zusätzlicher Baustoffkennwerte für die Ökobilanzierung

Die Mengenerfassung in den Kalkulations- bzw. Ausführungsphasen sind eine gute Grundlage für die Mengenermittlung der Ökobilanzierung, insbesondere wenn die Kalkulationsgrundlagen künftig auf eine automatische Ökobilanzierung umgestellt werden sollen.

Anbei folgende notwendigen Umsetzungsschritte im Arbeitspaket 5, die im Zuge der oben erwähnten eigenständigen Ökobilanzierung, Nr. 2.3, aufgefallen sind:

#### *Mengeneinheiten:*

Die erforderlichen Einheiten (lfm, stk, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>) in den einzelnen Leistungspositionen weichen von den erforderlichen Grundbezugseinheiten für die Ermittlung der Ökobilanzierung ab. Gemäß Ökobau.dat sind dies in der Regel die Grundeinheiten kg oder cbm.

D.h. es muss ein Umrechnungsmodus im Hintergrund zur erforderlichen Grundbezugseinheit für die Ökobilanzierung erfolgen (i.d.R. von Volumen zum Gewicht). Bauelemente mit unterschiedlichen Baustoffen müssen kleinteilig heruntergebrochen werden und in die entsprechende, erforderliche Grundbezugseinheit gebracht werden.

Für bisher in der Kalkulations-, und Ausführungsphase zweitrangig behandelte Baustoffe in der Mengenerfassung, wie z.B. Teppichkleber, sollten allgemein gültige, durchschnittliche Gewichtsangaben pro qm definiert werden.

#### *Rohdichten / Gewichtsermittlung:*

In der Ökobilanzierung treten Baustoffe in den Vordergrund, deren Gewicht in der Vergangenheit zweitrangig waren. Demzufolge gibt es für diese Baustoffe in der Literatur schwernachvollziehbare Rohdichten. Hersteller konnten teils die Rohdichten Ihrer Baustoffe nicht benennen. Dies muss in den Technischen Datenblättern der Industrie ergänzt werden oder das Rohdichtenspektrum in der Literatur erweitert werden.

#### *Komponentenbauteile:*

Die technischen Datenblätter von Komponentenbauteile (z.B. Sandwichelementen, Systemtrennwände) müssen auf Einzelbauteile heruntergebrochen werden, mit Angabe entweder der jeweiligen Gewichtseinheiten pro Kalkulationseinheit (z.B. kg/qm Sandwichelement) und Zuordnung der EPDs oder die erforderlichen Rohdichten der Einzelbauteile, um flexibel für unterschiedliche Bauteilschichtdicken zu sein.

#### *Individualpositionen:*

Die Individualpositionen stellen den größten Schwachpunkt bei der Umstellung der Kalkulation zur Ökobilanzierung dar. Erfolgt die Ökobilanzierung im Wesentlichen auf die Hauptflächen von vorher festgelegten Bauteilaufbauten, so spielen die Individualpositionen eine zweitrangige Rolle. Sollen sämtliche, erfasste Leistungspositionen in die Ökobilanzierung mit einfließen, so muss eine Definition festgelegt werden, ob die Positionen relevant oder nicht relevant für die Erstellung der Ökobilanzierung sind. D.h. realistische Abschneidekriterien sind erforderlich, um keinen falschen Genauigkeitsgrad vorzutäuschen.

Im Nichtwohnungsbau muss immer von einer Individualität der Gebäude ausgegangen werden, während im Wohnungsbau die Standardaufbauten überschaubar sind.

#### *Instandhaltungsphasen, Recyclingfähigkeit:*

Die Instandhaltungsintervalle eines Baustoffs wird von seiner eigenen Langlebigkeit innerhalb einer vorher definierten Gebäudenutzungsdauer bestimmt. Die Instandhaltungsintervalle werden verkürzt, wenn innerhalb eines Bauteilaufbaus eine darunterliegende Bauteilschicht früher ausgetauscht werden muss. D.h. die Instandhaltungsintervalle sind abhängig von der Einbausituation des Baustoffs. Dasselbe ist übertragbar für die Recyclingfähigkeit von Baustoffen im Verbund.

Die Folge ist, dass insbesondere für Raumbezogene Elemente, wie unter Abbildung 3.6.5.3.-5 beschrieben, ein Tool entwickelt werden muss, um die Bezugsabhängigkeiten einzelner Baustoffe in einem Bauteilaufbau für die Ökobilanzierung berücksichtigen zu können.

#### *Bauteile:*

Die Anwendung von Bauteilaufbauten sind in der GU - Kalkulation untypisch, da der Bezug zu gewerkespezifischen Einzelpositionen für die Ausschreibungsphase erforderlich sind. Bauteilaufbauten finden in der Regel nur bei Richtpreiskalkulationen Anwendung.

Es muss ein Tool in der Mengenerfassung geschaffen werden, welches eine automatische Betrachtung von Einzelpositionen und Bauteilaufbauten bei Raumbezogenen Elementen zulässt.

#### *Anbindung an die passenden EPDs:*

Wie bei der Umwandlung der passenden Mengeneinheiten aus den Kalkulationstools, muss im Hintergrund ein Bezug der einzelnen Baustoffe zu den EPDs für die Ermittlung der Ökobilanzierung erfolgen

### **3.6.5.4 Fazit**

Die Synergie bestätigt sich, dass der Generalunternehmer eine wichtige Schlüsselrolle im Spannungsfeld zwischen Kosten- und Ökologieoptimierung übernehmen kann. Denn die Mengenermittlung für die Ökobilanzierung können in der Mengenerfassung in den Kalkulations- bzw. Ausführungsphasen mit einbezogen werden, wenn entsprechende Zwischentools geschaffen werden.

Im Forschungsvorhaben wurde das Projektkenndatenblatt „Herstellkosten“, um die Kenndaten der jeweiligen Wirkungsbilanzen eines Gebäudes nach den Steckbriefen des DGNB erweitert. Damit können nun in der Kalkulationsphase Ökologieoptimierungen vorgenommen werden.

Des Weiteren wurde mit Hilfe der eigenständigen, rechnerischen Ermittlung der Ökobilanzierung, gemäß Vorgaben des DGNB, die notwendigen zusätzlichen Arbeitsschritte zu den derzeit angewandten Kalkulationstools aufgestellt. Die Ergebnisse werden im Arbeitspaket 5 für die weitere Toolentwicklung aufgenommen.

Die ARRIBA<sup>®</sup> unterstützte Kalkulationsbearbeitung und die dazu notwendigen Kontrollmechanismen, wie Projektkenndatenblätter, sind beim Generalunternehmer bereits so fortgeschritten und ausgereift, sodass externe Softwareprogramme wie LEGEP<sup>®</sup>, nicht auf das bestehende Angebotswesen eines Generalunternehmers übergestülpt werden können.

Als kurzfristiges Ziel für die Umsetzung der Ökobilanzierung innerhalb der Kalkulationsphase wird die Erweiterung der Kalkulationsgrundlagen für Elementbezogene Bauteile, wie Fassade oder Rohbau gesehen. Raumbezogene Elemente, in der Regel Ausbaugewerke, sollten vorläufig über zusätzliche Bauteilkataloge erfolgen. Die Mengenermittlung können direkt aus der Kalkulationsphase, z.B. Digifix oder 3-D Planung, entnommen werden. Die Gründe liegen u.a. an den noch nicht vorliegenden EPDs aller Baustoffe, sodass der Genauigkeitsgrad begrenzt ist und zusätzlich dem Ungenauigkeitsgrad festlegbarer Baustoffmaterialien in der Kalkulationsphase unterliegt.

Als längerfristiges Ziel sollte in der Ökobilanzierung die Gesamtbetrachtung aller am Gebäude angewandter Baustoffe sein. Die erfolgreiche Umsetzung wird in der 5-D Planung gesehen.



### **3.7 Bauphysikalische Qualitäten - Wärmeschutz**

#### **3.7.1 Züblin-Haus**

##### **3.7.1.1 Allgemeine Grundlagen der Untersuchung**

###### Einleitung

Die Wärmeschutzqualität eines Gebäudes wird über den Nachweis der aktuellen Energieeinsparverordnung und die Einhaltung nach DIN 4108-2 bestimmt.

Im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes kann für den Wärmeschutz über alle Bauteile ein Absolutwert gebildet werden. Dabei handelt sich in der Regel um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand sich das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes befindet, und damit kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.3) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

###### Ziele

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der normative, wärmeschutztechnische Istzustand dokumentiert sowie eine Bewertungsmatrix definiert und festgelegt werden, damit die bauteilbezogenen Wärmeschutzkennwerte aller sechs Forschungsvorhaben miteinander vergleichbar werden.

##### **3.7.1.2 Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes**

###### Projektbeschreibung und Wärmeschutz zum Zeitpunkt der Erstellung

Das Nichtwohngebäude Züblinhaus wurde in den Jahren 1983-1984 erstellt.

Zu dem Zeitpunkt der Erstellung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes gemäß der 1. Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (kurz Wärmeschutzverordnung) vom August 1977 in Verbindung mit der DIN 4108-2 [Wärmeschutz im Hochbau: Wärmedämmung und Wärmespeicherung; Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 1981-08] Pflicht.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- massiven Flachdächern und einem Satteldach im Technikgeschoss

- einer Fassade mit Holzfensterbändern und Betonsandwichelementen
- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

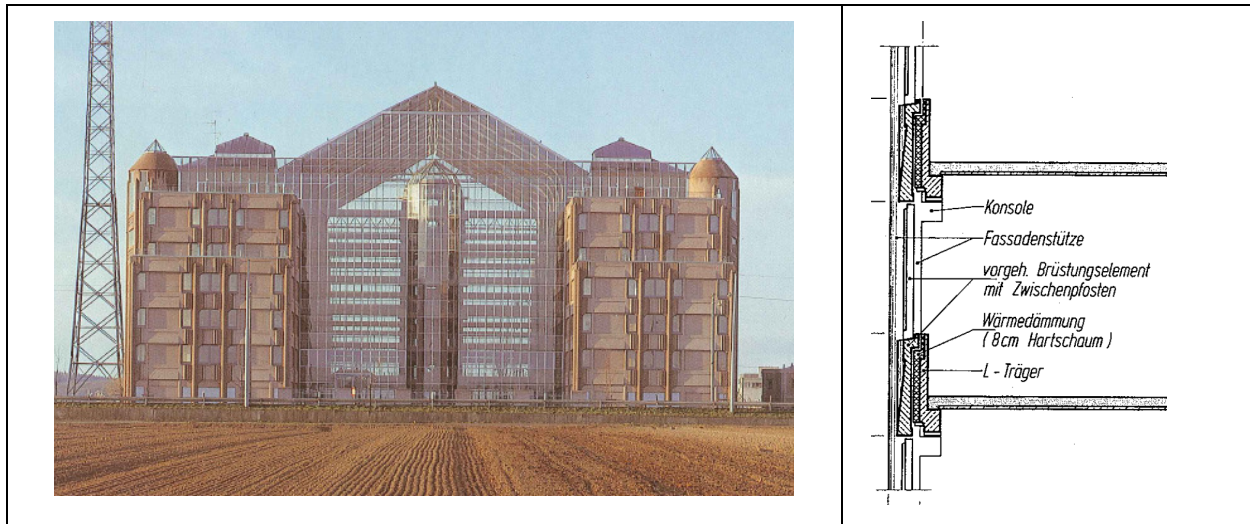


Abbildung 3.7.1.2.- 1: Ansicht und Detailschnitt Fassade [Quelle: Ed. Züblin AG].

### Vergleich des Wärmeschutzes ist/soll – Nachweis nach DIN 4108, Teil 2

Die einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Neubaus müssen die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 2003-07] einhalten.

Dabei müssen die jeweiligen festgelegten Wärmedurchlasswiderstände  $R$  nach Tabelle 3 eingehalten werden. Für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von unter  $100 \text{ kg/m}^2$  gelten nach Nr. 5.2 erhöhte Anforderungen für den Gefachbereich und für den Mittelwert (Gefach mit Rahmen).

Die 3 Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG unterlagen zum Zeitpunkt der Erstellung unterschiedlichen Fassungen der DIN 4108, Teil 2. Um eine gemeinsame Vergleichbarkeit innerhalb der 3 Forschungsprojekte und Neubauten zu erreichen, wird die derzeit aktuelle Norm 4108-2 aus dem Jahr 07-2003 als Vergleichsgrundlage definiert.

In nachfolgender Tabelle sind sämtliche projektspezifischen Bauteile und ihre Anforderung an die festgelegten Wärmedurchlasswiderstände  $R$  nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2 aufgeführt.

| lfd. Nr. | Hauptkategorie                | Bauteil | U-Wert<br>in<br>[W/(m <sup>2</sup> *K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen |                                 |
|----------|-------------------------------|---------|---|--|---|--------------------------------------|-------------|---------------------------------|
| 1.1      | 1. opake vertikale Elemente   | AW1     | AW 2-schalig Brüstung unter Fensterband | 0,513  | ≥ 1,20  | 1,78                                 | ja          |                                 |
| 1.2      |                               | AW2     | Außenwand 2-schalig Stirnseite Gebäude  | 0,442  | ≥ 1,20  | 2,09                                 | ja          |                                 |
| 1.3      |                               | AW3     | Pfeiler Innendämmung                    | 0,555  | ≥ 1,20  | 1,63                                 | ja          |                                 |
| 1.4      |                               | AW4     | Besprechungstürme innen gedämmt         | 0,356  | ≥ 1,20  | 2,64                                 | ja          |                                 |
| 1.5      |                               | AW5     | Paneel Innenhof                         | 0,692  | ≥ 1,00<br>i.M.                                    | 1,19                                 | ja          | Glashalle                       |
| 1.6      |                               | AW6     | Fassade/Brüstung zur Halle              | 0,490  | ≥ 0,25  | 1,79                                 | ja          | Glashalle                       |
| 1.7      |                               | AW7     | Fassade/Pfeiler zur Halle               | 0,529  | ≥ 0,25  | 1,63                                 | ja          | Glashalle                       |
| 1.8      |                               | AWE1    | AW geg. Erdreich                        | 4,304  | ≥ 1,20  | 0,10                                 | nein        | Bestandsgebäude                 |
| 1.9      |                               | AWE2    | AW geg. Erdreich gedämmt                | 0,809  | ≥ 1,20  | 1,11                                 | nein        | Bestandsgebäude<br>damals: 0,55 |
| 2.1      | 2. opake horizontale Elemente | FD1     | Flachdach Terrasse über 03./05.OG       | 0,448  | ≥ 1,20  | 2,09                                 | ja          |                                 |
| 2.2      |                               | FD2     | Flachdach über 05.OG Glashof            | 0,436  | ≥ 0,90  | 2,10                                 | ja          |                                 |
| 2.3      |                               | ABL1    | Decke EG A-Block gegen TG-Einfahrt      | 0,335  | ≥ 1,75  | 2,78                                 | ja          |                                 |
| 2.4      |                               | BoPI1   | Bodenplatte gegen Erdreich              | 4,103  | ≥ 0,90  | 0,07                                 | nein        | Bestandsgebäude                 |
| 2.5      |                               | BoPI2   | Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt      | 0,786  | ≥ 0,90  | 1,10                                 | ja          |                                 |

| lfd. Nr. | Hauptkategorie                        | Bauteil                                       |   | U-Wert<br>in<br>[W/(m <sup>2</sup> *K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen |
|----------|---------------------------------------|---|---|---|--|---|--------------------------------------|-------------|
| 3.1      | 3. Transparente Elemente              | FF1   | Fenster/Fassade<br>Holz/Alu             | 2,60                                    | ---  | ---   | ---                                  |             |
|          |                                       |   |   |   |  |   |                                      |             |
|          |                                       |   |   |   |  |   |                                      |             |
| 4.1      | 4. Sonstiges (Türen, Innenwände etc.) | FuD1  | Decke über 06.OG<br>gegen Technikdach   | 0,571                                   | ≥ 0,90   | 1,55  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.2      |                                       | FuD2  | Decke EG gegen<br>unbhzt. Keller        | 0,592                                   | ≥ 0,90   | 1,35  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.3      |                                       | FuD3  | Boden Kantine gegen<br>02.UG            | 0,394                                   | ≥ 0,90   | 2,20  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.4      |                                       | FuW1  | Wand gegen<br>unbeheizt<br>Innendämmung | 0,543                                   | ≥ 0,07   | 1,58  | <b>ja</b>                            |             |
|          |                                       | FuW2  | Wand gegen<br>unbeheizt gedämmt         | 0,746                                   | ≥ 0,07   | 1,08  | <b>ja</b>                            |             |
|          | FuW3                                  | Innenwand                                     | 2,746                                   | ≥ 0,07                                  | 0,10   | <b>nein</b>                                       | Bestandsgebäude                      |             |
|          | Türen1                                | Stahltüren mit<br>Drahtglasfüllung<br>Glashof | 3,00                                    | ---                                     | ---  | ---   |                                      |             |

Fast sämtliche wärmeübertragenden Bauteile erfüllen die aktuellen Mindestanforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand R nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2, Fassung 2003-08, obwohl das Gebäude bereits 1983-1984 erstellt wurde.

Die rechnerischen Nachweise sind in Kap. 3.2.2.2, Anlage 1 geführt.

Nach DIN 4108-2 ist neben dem winterlichen Wärmeschutz zusätzlich der statische sommerliche Wärmeschutznachweis zu führen. Dabei darf der zulässige Sonneneintragskennwert nicht überschritten werden.

In Kap. 3.11.2 wird auf die Behaglichkeit im Sommer mittels einer thermischen Simulation eingegangen, sodass hier auf die statische Nachweisführung des sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet wurde.

### Bewertungsmatrix Wärmeschutz

#### *Einleitung*

Die Qualität des Wärmeschutzes eines Gebäudes kann im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes leichter bewertet werden, da die Einzelkennwerte pro Bauteil in Abhängigkeit ihres Flächenanteils zu einem gebäudespezifischen Absolutwert zusammengefasst und bewertet werden können. Dadurch kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Dabei handelt sich meistens beim Absolutwert um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes sich befindet.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.2) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

#### *Zielsetzungen*

Für die Bewertungsmatrix wurden folgende wesentliche Zielsetzungen mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken
- als Bewertungskriterium der U-Werte sollen bereits die Kenndaten aus dem Referenzgebäude der EnEV2009 herangezogen werden
- Konzentration der Bewertung auf U-Werte und Flexibilität des statischen Sonnenschutzes
- die Flexibilität des Sonnenschutzes innerhalb der Winterphase (g-Wert) und Sommerphase ( $g_{\text{total}}$ )
- Gesamtbenotung

#### *Bewertungstabelle des Wärmeschutzes im Zuge des Forschungsvorhabens*

Als Lösung einer grafischen, einfachen und schnellen Bewertungsmatrix wird die Darstellung einer Bewertungskurve vorgeschlagen.

In nachfolgender Abbildung 3.7.1.2.-2 ist ein Auszug der Bewertungstabelle dargestellt.

Sie wird in Hauptkategorien, Einzelkriterien, Gewichtungsfaktoren und einer Bewertungskurve eingeteilt.

In den Hauptkategorien sind vier Klassifizierungen wie U-Wert pro Bauteilkategorie, mittlere U-Wert des Gebäudes, der Wärmebrückenzuschlag sowie die Flexibilität des Sonnenschutzes zu finden.

Die Bewertungsskala wird in 3 Stufen eingrenzt. Die Note A ist die Höchststufe und die Note C die Mindeststufe.

Die Note B wird erreicht, wenn die jeweiligen U-Werte die festgelegten Werte aus dem Referenzgebäude nach EnEV2009 erreichen. Die U-Werte der Noten A und C weichen  $\pm 30\%$  vom Referenzwert der Note B ab.

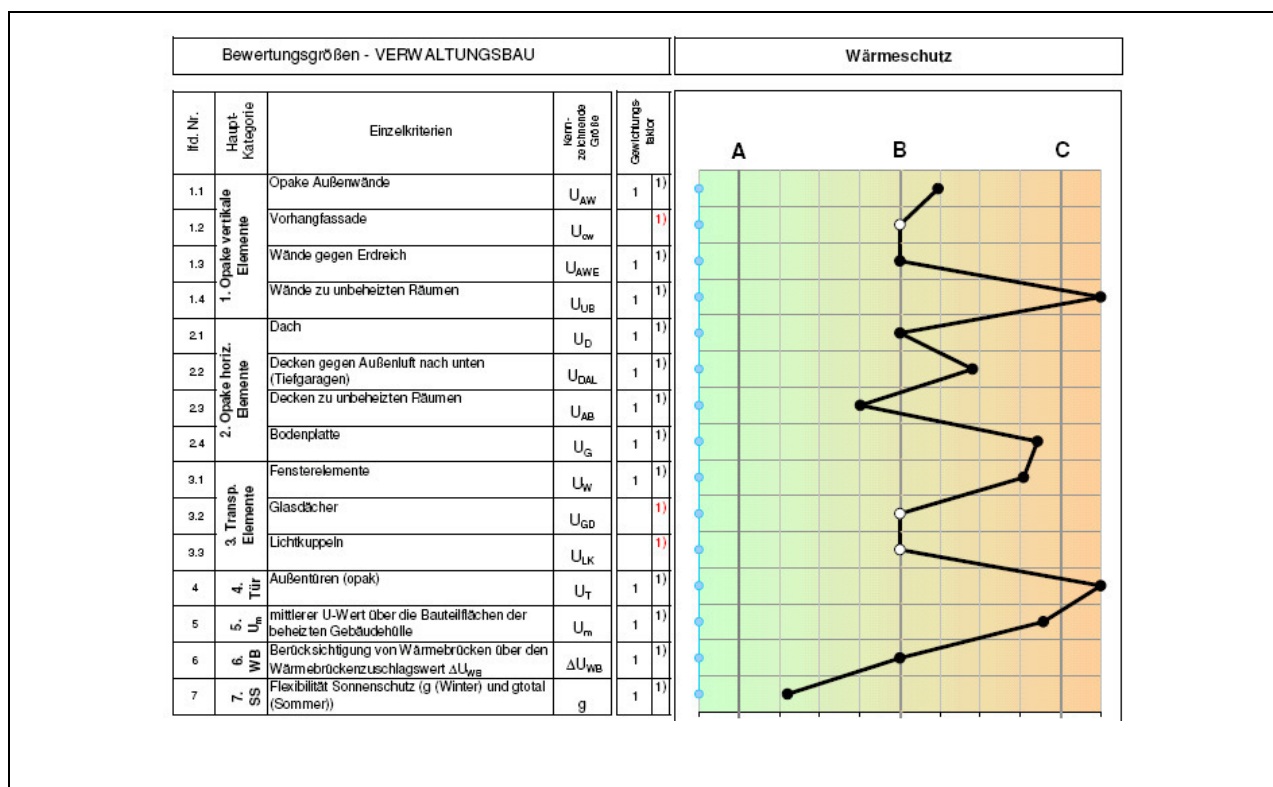


Abbildung 3.7.1.2.- 2: Auszug der Bewertungstabelle für Wärmeschutz (Z-Zwo), Basis Schallschutzbewertungskurve, in Abstimmung mit Bilfinger und Berger

Wird z.B. eine Anforderung nicht erfüllt, springt die Benotung automatisch auf C-, zur sofortigen Kennzeichnung. Dies ist z.B. beim Z-Zwo-Gebäude der Ed. Züblin AG der Fall, da die Wände zu unbeheizten Räumen (Nr. 1.4 in o.g. Abbildung) nach der 3. WSchVo (95') und DIN 4108-2 ausgelegt wurde

Innerhalb der Notenskala A,B und C sind Zwischenschritte erlaubt. Die Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien ist in Anlage 2 näher definiert.

Die Darstellung als Bewertungskurve ermöglicht die schnelle und einfache Einstufung der Wärmeschutzqualität eines Gebäudes, den Vergleich der Bewertungskurven zweier Gebäude oder die zweier Varianten und das direkte Ablesen von Wärmeschutzqualitäten/-werte des Gebäudes aus den Bewertungskurven.

Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren ist eine Endnote möglich.

Im derzeitigen Fall werden die o.g. vier Klassifizierungen in der Endnote zu gleichen Teilen gewichtet, d.h. der Wärmeschutz der Gebäudehülle (U-Wert pro Bauteilkategorie und mittlere U-Wert des Gebäudes) hat einen 50% Gewichtsanteil, der Wärmebrückeneinfluss 25 % und der flexible Sonnenschutz 25%.

#### *Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Züblinhauses*

In Anlage 1 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle des Züblinhauses aufgeführt. Die Bewertungskurve zeigt, dass bei 9 von 15 Einzelkategorien die Noten C- vergeben werden musste. Im Gegensatz zur Erfüllung der DIN 4108-2 sind die Anforderungen an die U-Werte in der EnEV2009 wesentlich höher, die das über 25 jährige Bestandsgebäude nicht mehr erfüllen kann. Die meisten U-Werte liegen außerhalb des Toleranzbereichs des Referenzwertes nach EnEV2009  $\pm 30\%$ .

Als Gesamtbewertungsnote wird das Züblinhaus in die Note C eingestuft.

Die Bestnote A wird einzig alleine beim flexiblen Sonnenschutz erreicht.

#### **3.7.1.3 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Wärmeschutzes für das Züblinhaus mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Wärmeschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**



### 3.7.2 Z-zwo

#### 3.7.2.1 Allgemeine Grundlagen der Untersuchung

##### Einleitung

Die Wärmeschutzqualität eines Gebäudes wird über den Nachweis der aktuellen Energieeinsparverordnung und die Einhaltung nach DIN 4108-2 bestimmt.

Im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes kann für den Wärmeschutz über alle Bauteile ein Absolutwert gebildet werden. Dabei handelt sich in der Regel um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand sich das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes befindet, und damit kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.3) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

##### Ziele

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der normative, wärmeschutztechnische Istzustand dokumentiert sowie eine Bewertungsmatrix definiert und festgelegt werden, damit die bauteilbezogenen Wärmeschutzkennwerte aller sechs Forschungsvorhaben miteinander vergleichbar werden.

#### 3.7.2.2 Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes

##### Projektbeschreibung und Wärmeschutz zum Zeitpunkt der Erstellung

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 2002 hat 6 Obergeschosse, inkl. Erdgeschoss. Zum Zeitpunkt der Erstellung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes gemäß der 3. Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (kurz Wärmeschutzverordnung) vom August 1994 in Verbindung mit der DIN 4108-Teil 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 2001-03] Pflicht.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- einem massiven begrünten Flachdach
- einer Fassade mit raumhohen Pfostenriegelkonstruktionen im EG sowie Fensterbändern auf massiven Brüstungen vom 1. bis 5. Obergeschoss



- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

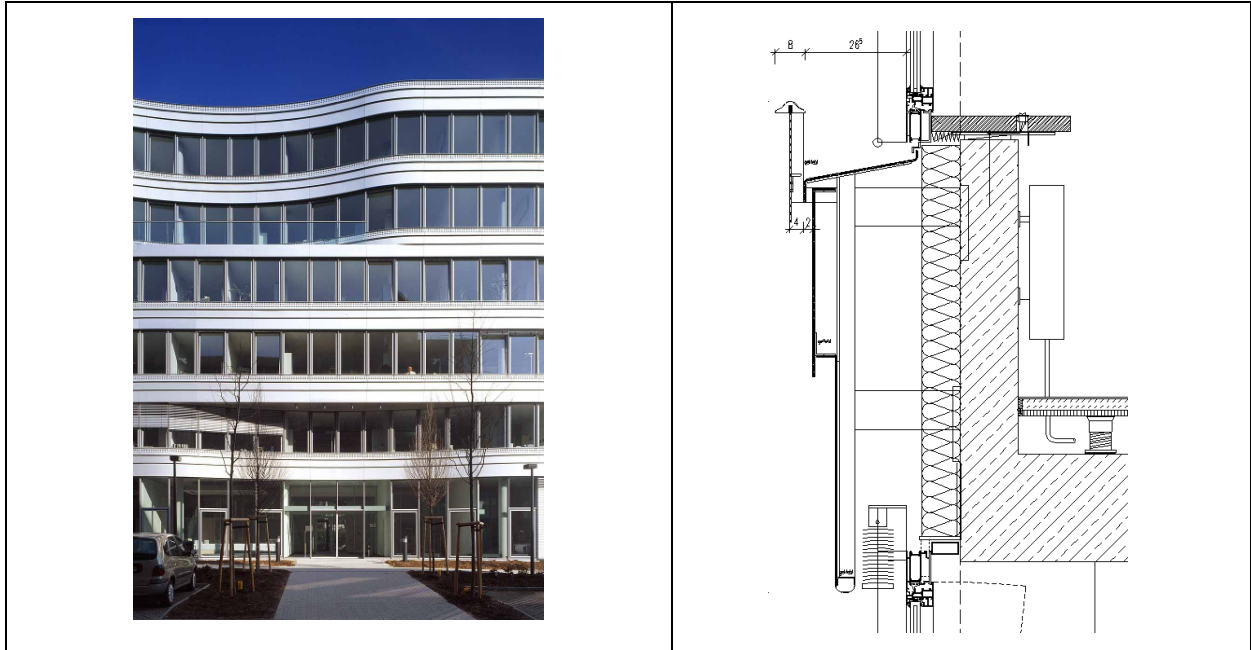


Abbildung 3.7.1.2.- 3: Ansicht und Detailschnitt Fassade [Quelle: Ed. Züblin AG].

Vergleich des Wärmeschutzes ist/soll – Nachweis nach DIN 4108, Teil 2

Die einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Neubaus müssen die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 2003-07] einhalten.

Dabei müssen die jeweiligen festgelegten Wärmedurchlasswiderstände R nach Tabelle 3 eingehalten werden. Für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von unter 100 kg/m<sup>2</sup> gelten nach Nr. 5.2 erhöhte Anforderungen für den Gefachbereich und für den Mittelwert (Gefach mit Rahmen).

Die 3 Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG unterlagen zum Zeitpunkt der Erstellung unterschiedlichen Fassungen der DIN 4108, Teil 2. Um eine gemeinsame Vergleichbarkeit innerhalb der 3 Forschungsprojekte und Neubauten zu erreichen, wird die derzeit aktuelle Norm 4108-2 aus dem Jahr 07-2003 als Vergleichsgrundlage definiert.

In nachfolgender Tabelle sind sämtliche projektspezifischen Bauteile und ihre Anforderung an die festgelegten Wärmedurchlasswiderstände R nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2 aufgeführt.

| lfd. Nr. | Hauptkategorie                 | Bauteil |                                  | U-Wert<br>in<br>[W/(m <sup>2</sup> *K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen |
|----------|--------------------------------|---------|----------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|-------------|
| 1.1      | 1. opake vertikale<br>Elemente | AW1     | Außenwand Brüstungen             | 0,308                                   | ≥ 1,20   | 3,08  | <b>ja</b>                            |             |
| 1.2      |                                | AWE     | Außenwand gegen Erdreich         | 0,357                                   | ≥ 1,20   | 2,67  | <b>ja</b>                            |             |
| 1.3      |                                |         |                                  |   |  |   |                                      |             |
| 2.1      | 2. opake horiz. Elemente       | FD1     | Flachdach                        | 0,206                                   | ≥ 1,20   | 4,71  | <b>ja</b>                            |             |
| 2.2      |                                | ADL1    | Decke gegen Außenluft nach unten | 0,358                                   | ≥ 1,75   | 2,58  | <b>ja</b>                            |             |
| 2.3      |                                | ADL2    | Decke über TG                    | 0,326                                   | ≥ 1,75   | 2,86  | <b>ja</b>                            |             |
| 2.4      |                                | BoPI1   | Bodenplatte bis 5m Tiefe         | 0,445                                   | ≥ 0,90   | 2,08  | <b>ja</b>                            |             |

| lfd. Nr. | Hauptkategorie                        | Bauteil |                                | U-Wert<br>in<br>[W/(m <sup>2</sup> *K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen |
|----------|---------------------------------------|---------|--------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|-------------|
| 3.1      | 3. Transparente Elemente              | FF1     | Fenster                        | 1,60                                    | ---  | ---   | <b>ja</b>                            |             |
|          |                                       |         |                                |   |  |   |                                      |             |
|          |                                       |         |                                |   |  |   |                                      |             |
| 4.1      | 4. Sonstiges (Türen, Innenwände etc.) | FuD1    | Decke geg. unbhzt. Treppenhaus | 0,393                                   | ≥ 0,17   | 2,21  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.2      |                                       | FuD2    | Decke gegen Lager 01.UG        | 0,326                                   | ≥ 0,17   | 2,86  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.3      |                                       | FuW1    | Wand geg. unbhzt. Treppenhaus  | 0,405                                   | ≥ 0,07   | 2,21  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.4      |                                       | FuW2    | Wand geg. Lager 1.UG ged.      | 0,420                                   | ≥ 0,07   | 2,21  | <b>ja</b>                            |             |
| 4.5      |                                       | FuW3    | Wand geg. Lager 1.UG unged.    | 2,882                                   | ≥ 0,07   | 0,09  | <b>ja</b>                            |             |

Sämtliche wärmeübertragenden Bauteile erfüllen die Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand R nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2.

Die rechnerischen Nachweise sind in Kap. 3.2.2.3, Anlage 1 geführt.

Nach DIN 4108-2 ist neben dem winterlichen Wärmeschutz zusätzlich der statische sommerliche Wärmeschutznachweis zu führen. Dabei darf der zulässige Sonneneintragskennwert nicht überschritten werden.

In Kap. 3.11.3 wird auf die Behaglichkeit im Sommer mittels einer thermischen Simulation eingegangen, sodass hier auf die statische Nachweisführung des sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet wurde.

## Bewertungsmatrix Wärmeschutz

### *Einleitung*

Die Qualität des Wärmeschutzes eines Gebäudes kann im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes leichter bewertet werden, da die Einzelkennwerte pro Bauteil in Abhängigkeit ihres Flächenanteils zu einem gebäudespezifischen Absolutwert zusammengefasst und bewertet werden können. Dadurch kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Dabei handelt sich meistens beim Absolutwert um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes sich befindet.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.3) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

### *Zielsetzungen*

Für die Bewertungsmatrix wurden folgende wesentliche Zielsetzungen mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken
- als Bewertungskriterium der U-Werte sollen bereits die Kenndaten aus dem Referenzgebäude der EnEV2009 herangezogen werden
- Konzentration der Bewertung auf U-Werte und Flexibilität des statischen Sonnenschutzes
- die Flexibilität des Sonnenschutzes innerhalb der Winterphase (g-Wert) und Sommerphase ( $g_{\text{total}}$ )
- Gesamtbenotung

### *Bewertungstabelle des Wärmeschutzes im Zuge des Forschungsvorhabens*

Als Lösung einer grafischen, einfachen und schnellen Bewertungsmatrix wird die Darstellung einer Bewertungskurve vorgeschlagen.

In nachfolgender Abbildung 3.7.1.2.-2 ist ein Auszug der Bewertungstabelle dargestellt.

Sie wird in Hauptkategorien, Einzelkriterien, Gewichtungsfaktoren und einer Bewertungskurve eingeteilt.

In den Hauptkategorien sind vier Klassifizierungen wie U-Wert pro Bauteilkategorie, mittlere U-Wert des Gebäudes, der Wärmebrückenzuschlag sowie die Flexibilität des Sonnenschutzes zu finden.

Die Bewertungsskala wird in 3 Stufen eingrenzt. Die Note A ist die Höchststufe und die Note C die Mindeststufe.

Die Note B wird erreicht, wenn die jeweiligen U-Werte die festgelegten Werte aus dem Referenzgebäude nach EnEV2009 erreichen. Die U-Werte der Noten A und C weichen  $\pm 30\%$  vom Referenzwert der Note B ab.

Wird z.B. eine Anforderung nicht erfüllt, springt die Benotung automatisch auf C-, zur sofortigen Kennzeichnung. Dies ist z.B. beim Z-Zwo-Gebäude der Ed. Züblin AG der Fall, da die Wände zu unbeheizten Räumen (Nr. 1.4 in o.g. Abbildung) nach der 3. WSchVo (95<sup>°</sup>) und DIN 4108-2 ausgelegt wurde.

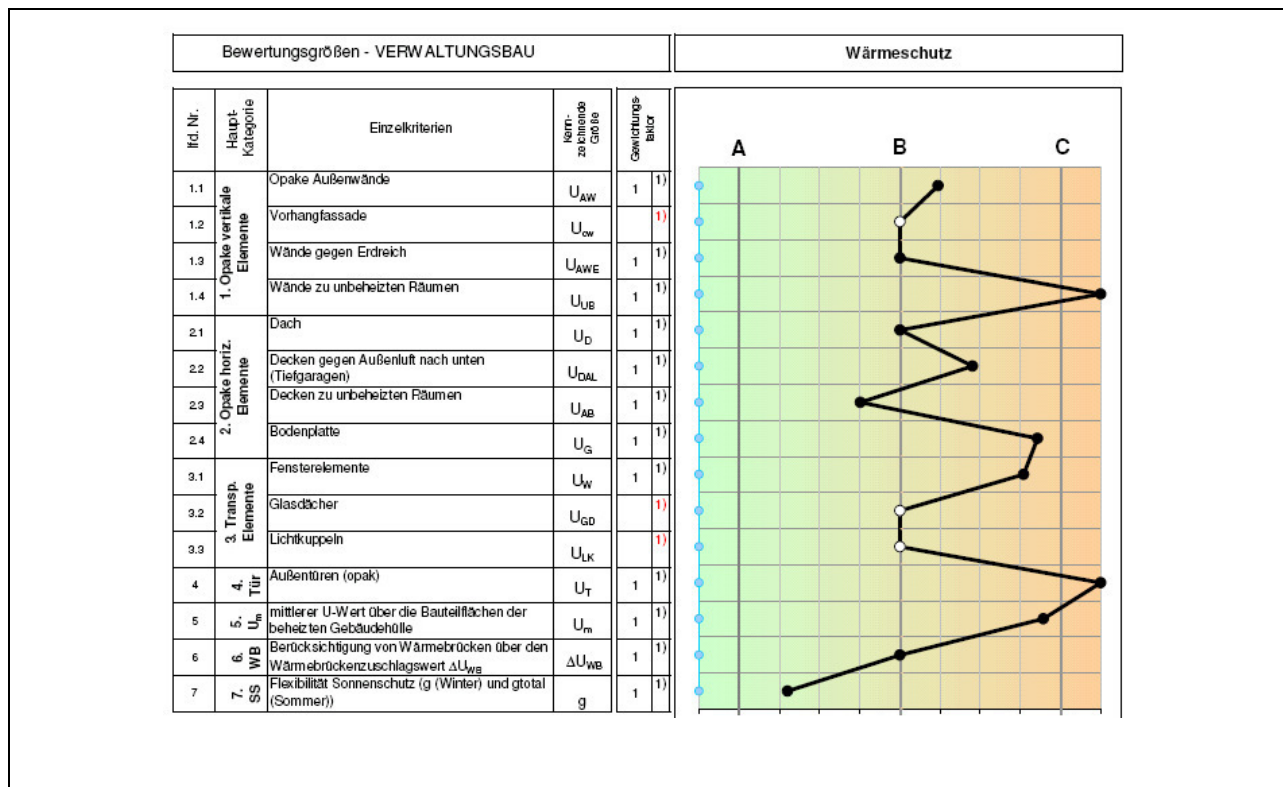


Abbildung 3.7.1.2.- 2: Auszug der Bewertungstabelle für Wärmeschutz (Z-Zwo), Basis Schallschutzbewertungskurve, in Abstimmung mit Bilfinger und Berger

Innerhalb der Notenskala A,B und C sind Zwischenschritte erlaubt. Die Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien ist in Anlage 2 näher definiert.

Die Darstellung als Bewertungskurve ermöglicht die schnelle und einfache Einstufung der Wärmeschutzqualität eines Gebäudes, den Vergleich der Bewertungskurven zweier Gebäude oder die zweier Varianten und das direkte Ablesen von Wärmeschutzqualitäten/-werte des Gebäudes aus den Bewertungskurven.

Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren ist eine Endnote möglich.

Im derzeitigen Fall werden die o.g. vier Klassifizierungen in der Endnote zu gleichen Teilen gewichtet, d.h. der Wärmeschutz der Gebäudehülle (U-Wert pro Bauteilkategorie und mittlere U-Wert des Gebäudes) hat einen 50% Gewichtsanteil, der Wärmebrückeneinfluss 25 % und der flexible Sonnenschutz 25%.

#### *Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Z-Zwo*

In Anlage 1 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle des Z-Zwo aufgeführt. Mit Ausnahme der Wände zu unbeheizten Räumen und der Außentüren (Noten C-), liegen alle U-Werte im Toleranzbereich des Referenzwertes nach EnEV2009  $\pm 30\%$ .

Als Gesamtbewertungsnote wird das Z-Zwo in die Note B-C eingestuft. Ursache ist vor allem, dass die U-Werte des Z-Zwo in der Regel im oberen Toleranzbereich der Bewertungsskala liegen.

Die Bestnote wird vom flexiblen Sonnenschutz erreicht.

#### **3.7.2.3 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Wärmeschutzes für das Z-Zwo Gebäude mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Wärmeschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### 3.7.3 DVA

#### 3.7.3.1 Allgemeine Grundlagen der Untersuchung

##### Einleitung

Die Wärmeschutzqualität eines Gebäudes wird über den Nachweis der aktuellen Energieeinsparverordnung und die Einhaltung nach DIN 4108-2 bestimmt.

Im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes kann für den Wärmeschutz über alle Bauteile ein Absolutwert gebildet werden. Dabei handelt sich in der Regel um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand sich das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes befindet, und damit kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.4) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

##### Ziele

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der normative, wärmeschutztechnische Istzustand dokumentiert sowie eine Bewertungsmatrix definiert und festgelegt werden, damit die bauteilbezogenen Wärmeschutzkennwerte aller sechs Forschungsvorhaben miteinander vergleichbar werden.

#### 3.7.3.2 Bewertung des baukonstruktiven Wärmeschutzes

##### Projektbeschreibung und Wärmeschutz zum Zeitpunkt der Erstellung

Der Verwaltungsbau, die ehemalige DVA (Deutsche Versicherungsanstalt), ist ein sanierter Verwaltungsbau aus dem Jahr 1957 und hat 5 Obergeschosse, inkl. Erdgeschoss. Im Jahr 2006 wurde das Gebäude kernsaniert.

Zum Zeitpunkt der Sanierung war die Nachweisführung des einzuhaltenden Wärmeschutzes gemäß der EnEV2004 über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden in Verbindung mit der DIN 4108-Teil 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 2003-07] Pflicht. Für die Nachweisführung der EnEV2004 wurde das Bauteilverfahren gewählt.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- Flachdächer auf Beton-Rippendecken bzw. Leichtdächern



- Lochfassade mit Alurahmen in massiver Außenwand mit WDVS (ca. 30 % Fensteranteil)
- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

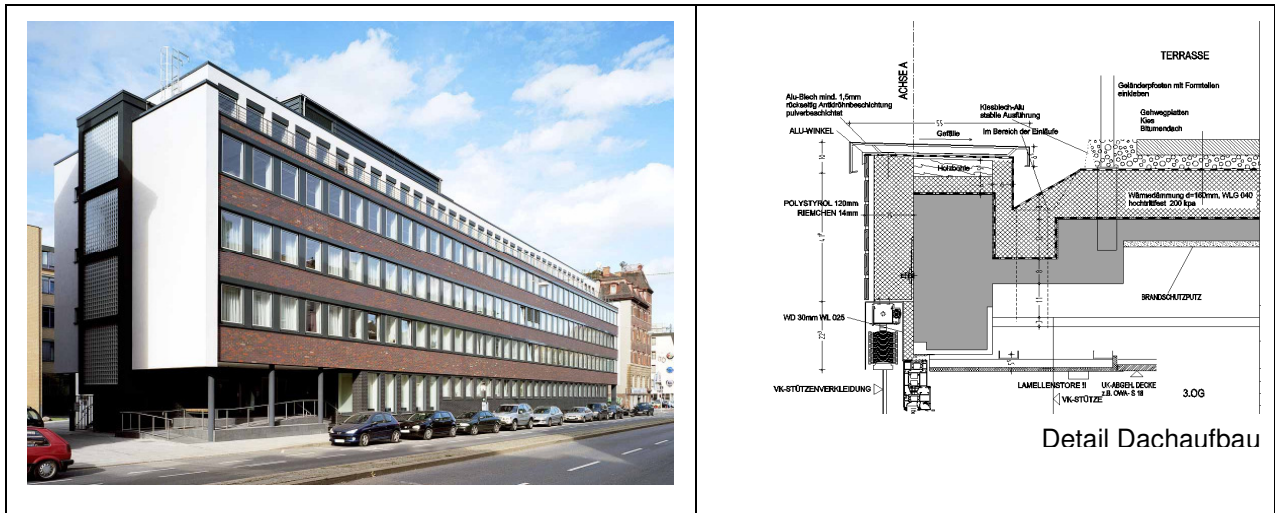


Abbildung 3.7.3.2.- 4: Ansicht und Detailschnitt Fassade/Dachaufbau [Quelle: Ed. Züblin AG].

### Vergleich des Wärmeschutzes ist/soll – Nachweis nach DIN 4108, Teil 2

Die einzelnen Bauteile der wärmeübertragenden Umfassungsflächen eines Neubaus müssen die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108, Teil 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz; 2003-07] einhalten.

Dabei müssen die jeweiligen festgelegten Wärmedurchlasswiderstände R nach Tabelle 3 eingehalten werden. Für leichte Bauteile mit einer flächenbezogenen Gesamtmasse von unter 100 kg/m<sup>2</sup> gelten nach Nr. 5.2 erhöhte Anforderungen für den Gefachbereich und für den Mittelwert (Gefach mit Rahmen).

Die 3 Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG unterlagen zum Zeitpunkt der Erstellung unterschiedlichen Fassungen der DIN 4108, Teil 2. Um eine gemeinsame Vergleichbarkeit innerhalb der 3 Forschungsprojekte und Neubauten zu erreichen, wird die derzeit aktuelle Norm 4108-2 aus dem Jahr 07-2003 als Vergleichsgrundlage definiert.

In nachfolgender Tabelle sind sämtliche projektspezifischen Bauteile und ihre Anforderung an die festgelegten Wärmedurchlasswiderstände R nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2 aufgeführt.



| lfd. Nr. | Hauptkategorie                       | Bauteil  | U-Wert<br>in<br>[W/(m²*K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m²*K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m²*K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen                              |
|----------|--------------------------------------|--|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| 1.1      | <b>1. opake vertikale Elemente</b>   | AW1 Außenwand WDVS/<br>Riemchen Beton          | 0,305                      | ≥ 1,20                                | 3,10                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.2      |                                      | AW2 Außenwand WDVS/<br>Riemchen MW             | 0,298                      | ≥ 1,20                                | 3,18                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.3      |                                      | AW3 Außenwand hinterlüft.<br>Verkleidung Beton | 0,370                      | ≥ 1,20                                | 2,53                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.4      |                                      | AW4 Außenwand hinterlüft.<br>Verkleidung MW    | 0,359                      | ≥ 1,20                                | 2,61                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.5      |                                      | AW5 Brüstung EG                                | 0,187                      | ≥ 1,20                                | 5,18                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.6      |                                      | AW6 Außenwand<br>Lüftungszentrale              | 0,315                      | ---                                   | ---                                  | ---                                  | Technikraum<br>nicht beheizt             |
| 1.7      |                                      | AW7 Keller gegen<br>Lichtschacht               | 0,634                      | ≥ 1,20                                | 1,41                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 1.8      |                                      | AW8 Glassteinwand                              | 3,5                        | ---                                   | ---                                  | ---                                  | Bestandsgebäude                          |
| 1.9      |                                      | AWE Außenwand gegen<br>Erdreich                | 3,490                      | ≥ 0,55                                | 0,16                                 | <b>nein</b>                          | Bestandsgebäude,<br>Keller niedr. behzt. |
| 2.1      | <b>2. opake horizontale Elemente</b> | FD1 Flachdach bekiest                          | 0,231                      | ≥ 1,20                                | 4,18/4,26                            | <b>ja</b>                            | Rippendecke                              |
| 2.2      |                                      | FD2 Flachdach begehbar                         | 0,231                      | ≥ 1,20                                | 4,18/4,26                            | <b>ja</b>                            | Rippendecke                              |
| 2.3      |                                      | FD3 Flachdach<br>Aufdopplung HEB               | 0,237                      | ≥ 1,20                                | 4,06/4,14                            | <b>ja</b>                            | Rippendecke                              |
| 2.4      |                                      | FD4 Flachdach<br>Lüftungszentrale              | 0,318                      | ---                                   | ---                                  | ---                                  | Technikraum<br>nicht beheizt             |
| 2.5      |                                      | FD5 Keller 01.UG gegen<br>Rampe Hofseite       | 0,674                      | ≥ 1,20                                | 1,34                                 | <b>ja</b>                            |  |
| 2.6      |                                      | FD6 Flachdach Anbau EG                         | 0,195                      | Mittelwert:<br>≥ 1,00                 | 5,00                                 | <b>ja</b>                            | leichte Bauweise                         |
| 2.7      |                                      | ABL1 Decke gegen<br>Außenluft                  | 0,225                      | ≥ 1,20                                | 3,71/3,76                            | <b>ja</b>                            | Rippendecke                              |
| 2.8      |                                      | BoPI1 Bodenplatte bis 5m<br>Tiefe              | 3,220                      | ≥ 0,90                                | 0,14                                 | <b>nein</b>                          | Bestandsgebäude,<br>Keller niedr. behzt. |

| lfd. Nr. | Hauptkategorie                        | Bauteil |                                | U-Wert<br>in<br>[W/(m <sup>2</sup> *K)] | R <sub>soll</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | R <sub>ist</sub><br>in<br>[(m <sup>2</sup> *K)/W] | erfüllt DIN 4108<br>Teil 2 (2003-07) | Bemerkungen                           |
|----------|---------------------------------------|---------|--------------------------------|---|--|---|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 3.1      | 3. Transparente Elemente              | FF1     | Fenster                        | 1,50                                    | ---  | ---   | ja                                   |                                       |
|          |                                       |         |                                |   |  |   |                                      |                                       |
|          |                                       |         |                                |   |  |   |                                      |                                       |
| 4.1      | 4. Sonstiges (Türen, Innenwände etc.) | FDo1    | Decke nach oben gegen Erdreich | 3,892                                   | ≥ 0,55   | 0,09  | nein                                 | Bestandsgebäude, Keller niedr. behzt. |
| 4.2      |                                       | FuD1    | Decke über 01.UG               | 0,378                                   | ≥ 0,17   | 2,44  | ja                                   |                                       |
| 4.3      |                                       | FuD2    | Decke gegen Lüftungszentrale   | 0,608                                   | ≥ 0,17   | 1,43/1,51   | ja                                   | Rippendecke                           |
| 4.4      |                                       | FuW1    | Wand zu unbhzt. Räumen         | 2,745                                   | ≥ 0,07   | 0,10  | ja                                   |                                       |
|          |                                       |         |                                |   |  |   |                                      |                                       |

Sämtliche wärmeübertragenden Bauteile, die in der Sanierungsphase wärmetechnisch aufgestockt wurden, erfüllen die Anforderungen an den Wärmedurchlasswiderstand R nach DIN 4108, Teil 2, Tabelle 3 und Nr. 5.2, Fassung 2003-07.

Die rechnerischen Nachweise sind in Kap. 3.2.2.3, Anlage 1 geführt.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass typische Bauteile im Keller, wie z.B. die Wand gegen Erdreich, trotz Niedrigbeheizung wärmeschutztechnisch vernachlässigt wurden. Dies liegt unter anderem an der fehlenden Möglichkeit die Wärmedämmung von außen anzubringen. In der Regel liegt die Entscheidung jedoch daran, dass laut Energieeinsparverordnung keine Anforderungen an eine Ertüchtigung gestellt, da die Wand unverändert blieb. Daher sieht der Bauherr aus wirtschaftlichen Gründen nicht die Veranlassung hier Maßnahmen durchführen zu lassen.

Nach DIN 4108-2 ist neben dem winterlichen Wärmeschutz zusätzlich der statische sommerliche Wärmeschutznachweis zu führen. Dabei darf der zulässige Sonneneintragskennwert nicht überschritten werden.

In Kap. 3.11.3 wird auf die Behaglichkeit im Sommer mittels einer thermischen Simulation eingegangen, sodass hier auf die statische Nachweisführung des sommerlichen Wärmeschutzes verzichtet wurde.

## Bewertungsmatrix Wärmeschutz

### *Einleitung*

Die Qualität des Wärmeschutzes eines Gebäudes kann im Gegensatz zum Schallschutz eines Gebäudes leichter bewertet werden, da die Einzelkennwerte pro Bauteil in Abhängigkeit ihres Flächenanteils zu einem gebäudespezifischen Absolutwert zusammengefasst und bewertet werden können. Dadurch kann eine Vergleichbarkeit der Gebäude erreicht werden.

Dabei handelt es sich meistens beim Absolutwert um den Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ . Dieser Wert stellt in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes sich befindet.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Daher soll wie beim Schallschutz (Kap. 3.9.3) eine zusätzliche Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Wärmeschutzes pro Bauteilkategorie ermöglicht.

### *Zielsetzungen*

Für die Bewertungsmatrix wurden folgende wesentliche Zielsetzungen mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken
- als Bewertungskriterium der U-Werte sollen bereits die Kenndaten aus dem Referenzgebäude der EnEV2009 herangezogen werden
- Konzentration der Bewertung auf U-Werte und Flexibilität des statischen Sonnenschutzes
- die Flexibilität des Sonnenschutzes innerhalb der Winterphase (g-Wert) und Sommerphase ( $g_{\text{total}}$ )
- Gesamtbenotung

### *Bewertungstabelle des Wärmeschutzes im Zuge des Forschungsvorhabens*

Als Lösung einer grafischen, einfachen und schnellen Bewertungsmatrix wird die Darstellung einer Bewertungskurve vorgeschlagen.

In nachfolgender Abbildung 3.7.3.2.-2 ist ein Auszug der Bewertungstabelle dargestellt.

Sie wird in Hauptkategorien, Einzelkriterien, Gewichtungsfaktoren und einer Bewertungskurve eingeteilt.

In den Hauptkategorien sind vier Klassifizierungen wie U-Wert pro Bauteilkategorie, mittlere U-Wert des Gebäudes, der Wärmebrückenzuschlag sowie die Flexibilität des Sonnenschutzes zu finden.

Die Bewertungsskala wird in 3 Stufen eingrenzt. Die Note A ist die Höchststufe und die Note C die Mindeststufe.

Die Note B wird erreicht, wenn die jeweiligen U-Werte die festgelegten Werte aus dem Referenzgebäude nach EnEV2009 erreichen. Die U-Werte der Noten A und C weichen  $\pm 30\%$  vom Referenzwert der Note B ab.

Wird z.B. eine Anforderung nicht erfüllt, springt die Benotung automatisch auf C-, zur sofortigen Kennzeichnung. Dies ist z.B. beim Z-Zwo-Gebäude der Ed. Züblin AG der Fall, da die Wände zu unbeheizten Räumen (Nr. 1.4 in o.g. Abbildung) nach der 3. WSchVo (95<sup>o</sup>) und DIN 4108-2 ausgelegt wurde.

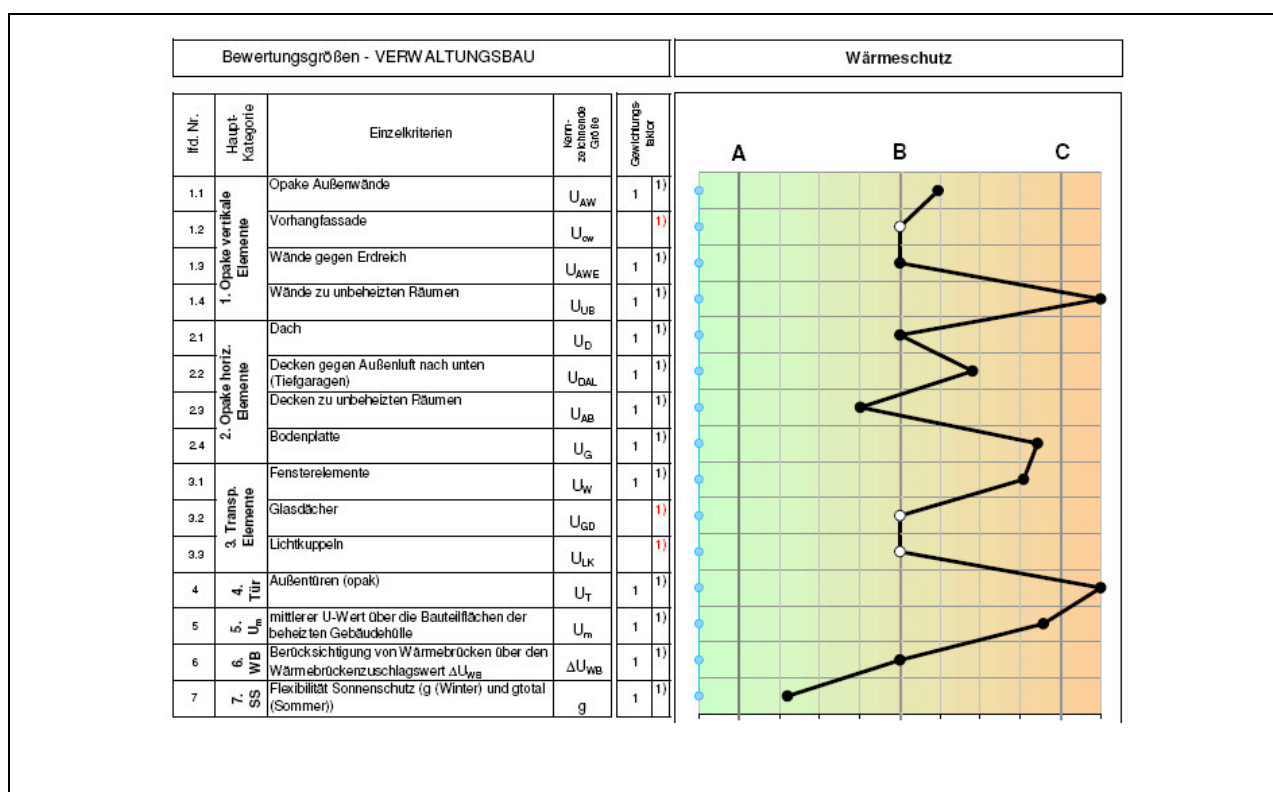


Abbildung 3.7.3.2.- 2: Auszug der Bewertungstabelle für Wärmeschutz (Z-Zwo), Basis Schallschutzbewertungskurve, in Abstimmung mit Bilfinger und Berger

Innerhalb der Notenskala A,B und C sind Zwischenschritte erlaubt. Die Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien ist in Anlage 2 näher definiert.

Die Darstellung als Bewertungskurve ermöglicht die schnelle und einfache Einstufung der Wärmeschutzqualität eines Gebäudes, den Vergleich der Bewertungskurven zweier Gebäude oder die zweier Varianten und das direkte Ablesen von Wärmeschutzqualitäten/-werte des Gebäudes aus den Bewertungskurven.

Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren ist eine Endnote möglich.

Im derzeitigen Fall werden die o.g. vier Klassifizierungen in der Endnote zu gleichen Teilen gewichtet, d.h. der Wärmeschutz der Gebäudehülle (U-Wert pro Bauteilkategorie und mittlere U-Wert des Gebäudes) hat einen 50% Gewichtsanteil, der Wärmebrückeneinfluss 25 % und der flexible Sonnenschutz 25%.

#### *Ausgefüllte Bewertungstabelle der Gebäude DVA*

In Anlage 1 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle der DVA aufgeführt. Die Bewertungskurve zeigt, dass bei 6 von 15 Einzelkategorien die Noten C- vergeben werden musste. Im Gegensatz zur Erfüllung der DIN 4108-2 sind die Anforderungen an die U-Werte in der EnEV2009 wesentlich höher. Die Bauteile, die im Wesentlichen außerhalb des Toleranzbereichs des Referenzwertes nach EnEV2009  $\pm 30\%$  liegen, sind die Bauteile, die während der Kernsanierung nicht wärmeschutztechnisch verbessert wurden.

Als Gesamtbewertungsnote wird das DVA in die Note B-C eingestuft.

Die Bestnote A wird einzig alleine beim flexiblen Sonnenschutz erreicht.

#### **3.7.3.3 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Wärmeschutzes für das DVA Gebäude mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Wärmeschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### 3.8 Bauphysikalische Qualitäten - Wärmebrücken

#### 3.8.1 Allgemeine Grundlagen

##### 3.8.1.1 Einleitung

Seit Einführung der [EnEV 2002] wird der Einfluss von Wärmebrücken bei der Bestimmung der Transmissionswärmeverluste berücksichtigt.

Wärmebrücken sind örtlich begrenzte Stellen in der Gebäudehülle mit höherer Wärmestromdichte als in den benachbarten Bauteilbereichen (ungestörte Flächen).

Mit steigendem Wärmeschutz nimmt die Bedeutung der Wärmebrückenverluste zu.

Nach [DIN V 4108-6: 1995-04] stehen zwei Verfahren zur Verfügung. Zum Einen über eine pauschale, zum Anderen über eine detaillierte Berücksichtigung.

Mit dem pauschalen spezifischen Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB}$  werden die Wärmebrückenauswirkungen ohne Berücksichtigung der Bauart pauschal in Ansatz gebracht.

Beim detaillierten Nachweisverfahren können die Wärmebrückenverluste genau erfasst werden. Voraussetzung hierfür ist eine Berechnung der längen bezogenen Wärmeverlustkoeffizienten  $\Psi$  der wesentlichen Anschlussdetails.

Folgende Möglichkeiten für die Berücksichtigung von Wärmebrücken bei der Ermittlung des Jahresheizwärmebedarfs bestehen:

- 1) Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  für die gesamte wärme übertragende Umfassungsfläche
- 2) Anwendung von Planungsvorgaben nach [DIN 4108 Beiblatt 2: 2006-03] und dadurch Erhöhung der Wärmedurchgangskoeffizienten um  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  für die gesamte wärme übertragende Umfassungsfläche
- 3) durch genauen Nachweis der Wärmebrücken nach [DIN V 4108-6: 2006-03] in Verbindung mit [DIN EN ISO 10 211-1: 2008-04] und [DIN EN ISO 10 211-2: 2008-04] [EnEV 2007].

Die in der [DIN 4108 Beiblatt 2: 2006-03] angegebenen Planungsbeispiele zur Ausbildung von Wärmebrücken finden hauptsächlich Anwendung bei Wohngebäuden.

Des weiteren wird in geometrische und konstruktive Wärmebrücken unterschieden.

Geometrische Wärmebrücken (Beispiel: Gebäude Außenecke) bekommen bereits durch den Außenmaßbezug, der in der EnEV Berechnung angewandt wird, einen positiven Einfluss, der jedoch nicht ausreicht, wie eine Untersuchung von Prof. Hauser ergab [Hauser, G.; Stiegel, H.: Dokumentation der Wärmebrückenwirkung bei Häusern in Holztafelbauart gegenüber

konventionell errichteten Gebäuden und Festlegung pauschaler Korrekturfaktoren, DGFH – Forschungsbericht IBH 24/93].

Seine Empfehlung an den Ordnungsgeber lag damals bei einem Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Massivbauweise und  $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$  für Holztafelbauweise.

Je nach Ausführungsqualität der Wärmebrücken ermittelte Prof. Hauser Wärmebrückenzuschläge von  $\Delta U_{WB} = 0,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  bis  $\Delta U_{WB} = 0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Im Rahmen dieser Projektstudie werden ausschließlich Wärmebrückenzuschläge von 3 verschiedenen Nichtwohngebäude-Typen rechnerisch ermittelt.

Bei den Berechnungen der EnEV Nachweise für Nichtwohngebäude wird aus Gründen der Einfachheit (und Unerfahrenheit) meistens ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt.

Für Wohngebäude gilt dieser Ansatz mittlerweile als überzogen, da viele Firmen (speziell im Holzhaus-Bereich) durch sinnvolle konstruktive Maßnahmen den Energieverlust über Wärmebrücken deutlich unter  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  reduzieren können.

Im Sinne der Energieeinsparung und Nachhaltigkeit ist diese Beachtung der Wärmebrückenverluste bei Nichtwohngebäuden von großer Wichtigkeit. Größere wärme abgebende Hüllflächen von Nichtwohngebäuden (im Vergleich zu Wohngebäuden) fordern einen bewussten Einsatz von Baustoffen. Auf Grund des meist größeren Flächenbedarfs von Nichtwohngebäuden ist es sinnvoll eine exemplarische Untersuchung von Wärmeverlusten über Wärmebrücken festzustellen.

In dieser Projektstudie werden beispielhaft 3 Gebäude-Typen berechnet.

- 1) Altbau
- 2) Umbau
- 3) Neubau

Für alle drei Gebäude-Typen werden – aus zeitlichen Gründen - nur die wichtigsten Wärmebrücken ermittelt. Die noch fehlenden Wärmebrücken verändern jedoch die Größe des Wärmebrückenzuschlags bei der Größe der wärme abgebenden Hüllfläche nicht nennenswert.

### 3.8.1.2 Methode

#### Wärmebrückenberechnungen

##### a) Wärmebrückenberechnungen allgemein

Die Auswirkungen von Wärmebrücken auf die Wärmeverluste von ungestörten Bauteilen werden mit Hilfe des Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi$  ausgedrückt (Einheit: [W/mK]).

Zur Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags für Gebäude werden in der Praxis ausschließlich lineare Wärmebrücken berechnet.

Die Berechnung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi$  kann z.B. mit Hilfe eines zweidimensionalen Wärmebrückenberechnungsprogramm erfolgen (Berechnungsgrundlage nach [DIN EN ISO 10211: 2008-04]), das den Gesamtwärmestrom ( $\Phi$ ) eines Anschlussdetails ermittelt.

Die Wärmeverluste über die angrenzenden ungestörten Regelbauteile können mit der eindimensionalen U-Wert-Methode berechnet werden.

Das Ergebnis der Multiplikation der eindimensionalen Wärmeverluste (U-Werte) mit den im Programm eingegebenen Bauteillängen wird vom Gesamtwärmestrom des Anschlussdetails ( $\Phi$ ) abgezogen. Der Differenzbetrag des Wärmeverlustes ergibt den Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi$ , der sowohl positiv als auch negativ werden kann.

Hierbei unterscheidet man noch zwischen dem Innen- ( $\Psi_i$ ) und dem Außenmaß ( $\Psi_e$ ) bezogenem  $\Psi$ -Wert.

Letzterer ist für die Wärmebrückenzuschlag-Ermittlung maßgebend.

##### b) Unterschiedliche Wärmebrückentypen

- Eindimensionale Wärmebrückentypen

Eindimensionale Wärmebrücken sind ungestörte homogen aufgebaute Bauteilflächen, in denen der Wärmestrom nur in einer Richtung fließt (y-Richtung). Der Isothermenverlauf bildet ungestörte, parallele Linien zu den Bauteilgrenzen.



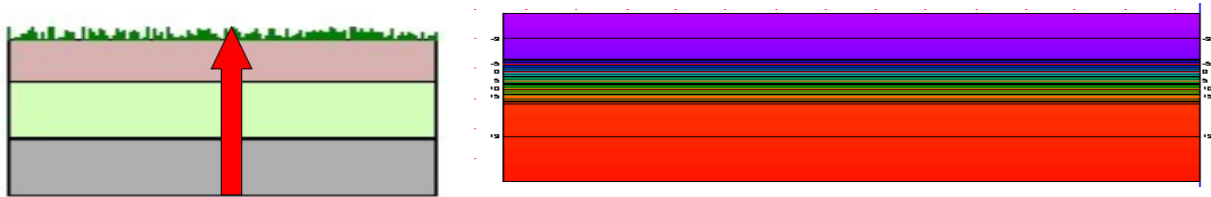


Abbildung 3.8.1.2.-1: Eindimensionale Wärmebrücke

Bei nicht oder nur wenig gedämmten Gebäuden zeigt sich eine gute Übereinstimmung zwischen berechnetem „Bedarfs-Wert“ (nach der U-Wert-Methode) und gemessenen „Verbrauchs-Wert“, sofern bei der Flächenermittlung auf Außenmaße zurückgegriffen wird. Mit steigendem Anspruch auf die thermische Qualität des Gebäudes wird jedoch das Rechnen mit eindimensionalen Modellen zunehmend ungenauer. Grund dafür sind mehrdimensional ablaufende Wärmetransportvorgänge.

Diese eindimensionalen Wärmebrücken können durch die U-Wert-Methode nach [DIN EN 6946: 2008-04] berechnet werden.

- Zweidimensionale Wärmebrücken

Zweidimensionale Wärmebrücken entstehen bei Veränderung der Geometrie von zwei gleichen Bauteilen (Bsp. Außenkante Wand/Wand) oder beim Anschluss verschiedener Bauteile (Bsp. Fensteranschluss an massive Wand oder Rahmen an Gefach). Durch Geometrie-, Konstruktions- oder Materialänderung entsteht zum Hauptwärmestrom (in y-Richtung) ein zusätzlicher Wärmestrom senkrecht zum eindimensionalen Wärmestrom (in x-Richtung).

Die internationale Norm [DIN EN ISO 10211-1: 1995-11] lässt für die Berechnung zwei grundsätzlich verschiedene Verfahren zu – das „indirekte“ und das „direkte“ Verfahren. Die Berechnung des Einflusses dieser Wärmebrücken in der Gebäudehülle auf die Transmissionswärmeverluste erfolgt heute faktisch generell nach dem „indirekten Verfahren“ der [DIN EN ISO 10211-1: 1995-11]. Durch Multiplikation von Wärmedurchgangskoeffizienten und den zugehörigen Bauteilflächen werden vorerst Teil-Leitwerte ermittelt, die schließlich durch Aufsummieren aller Teil-Leitwerte den Gesamtleitwert in eindimensionaler Richtung ergeben. Der Fehler der eindimensionalen Rechnung wird im Nachhinein in Form von Leitwertzuschlägen berücksichtigt. Diese Zuschläge haben im Fall zweidimensionaler Wärmeleitung die Form  $\Psi_e \times l \times F_{t,w}$ , wobei  $l$  die Längserstreckung des Bauteils oder des Bauteilanschlusses ist,  $F_{t,w}$  der Temperatur-Korrektur-Faktor und  $\Psi_e$  gemäß [DIN EN ISO 10211-1: 1995-11] der „lineare Wärmebrückenverlustkoeffizient“.

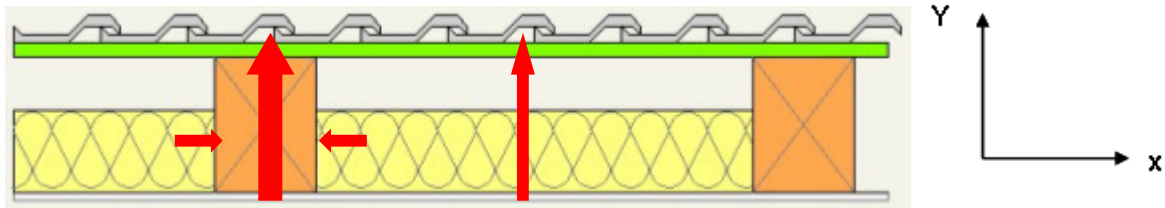


Abbildung 3.8.1.2.-2: -Zweidimensionale Wärmebrücke

- Dreidimensionale Wärmebrücken

Ändern sich die Isothermenverläufe des Bauteils in die 3. Richtung (in z-Richtung) wird von einer dreidimensionalen Wärmebrücke gesprochen. Typische dreidimensionale Wärmebrücken sind z.B. Raumecken (Anschluss Wand/Wand/Decke) oder punktuelle Bauteildurchdringungen durch Stützen, Befestigungsmittel oder ähnlichem.

In [DIN EN ISO 10211-2: 2001-06] ist eine Berechnungsmöglichkeit für lineare dreidimensionale Wärmebrücken angegeben. Das Prinzip der Berechnung beruht auf einem ähnlichem Prinzip zur Ermittlung des elektrischen Gesamtwiderstandes in einer Gleichstromschaltung mit parallel geschalteten Widerständen. Dieses Verfahren kann für die Berechnung von Oberflächen-Temperaturen in Raumecken verwendet werden.

Bei punktuellen Bauteildurchdringungen (punktuellen Wärmebrücken) können die Effekte einer mehrdimensionalen Wärmeleitung nicht mit Näherungsverfahren, die der händischen Rechnung zugänglich sind, zuverlässig vorhergesagt werden. Hier bedarf es der Hilfe von Computerprogrammen (Finite Elemente - Methode).

Inwieweit Befestigungsmittel von z.B. Fassadenunterkonstruktionen in die Rechnung mit einfließen, hängt von der Größe des Wärmestromes ab, den sie leiten. Eine Entscheidungshilfe bringt die Methode, die in [DIN EN ISO 10211-1: 1995-11] (Anhang D) erklärt wird.

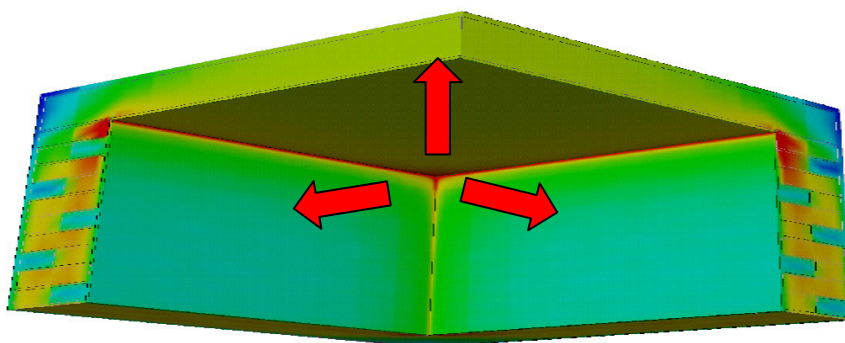


Abbildung 3.8.1.2-3: Dreidimensionale Wärmebrücken

c) Vorgehensweise im Forschungsvorhaben

Für die rechnerische Ermittlung der gebäudespezifischen Wärmebrückenverluste wurden vorwiegend lineare 2-dimensionale Wärmebrücken betrachtet, da in der Praxis ausschließlich 2-dimensionale Wärmebrücken zur Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags  $\Delta U_{WB}$  herangezogen werden. Die importierten Details im DXF-Format wurden aus zeitlichen Gründen so wenig wie möglich verändert. Deswegen beinhaltet jedes DXF-Detail mehrere Wärmebrücken. Die Ergebnisse sind daher nicht mit den Planungsbeispielen der DIN 4108, Beiblatt 2 vergleichbar.

Eine Vergleichsrechnung mit einem Planungsbeispiel der [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] (Geschossdeckeneinbindung) bestätigt den Berechnungs-Algorithmus. Nachstehende Abbildung zeigt den Rechenvorgang.

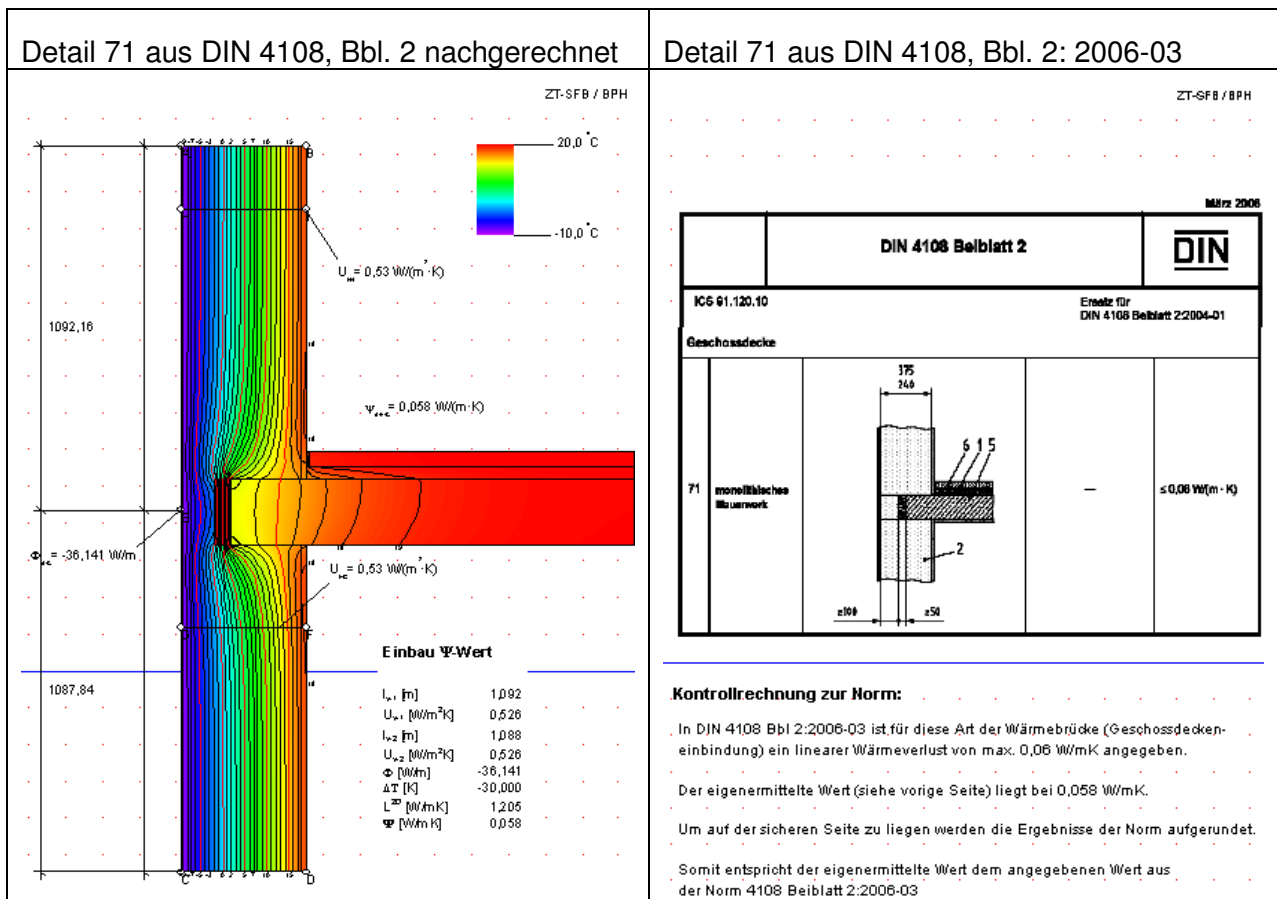


Abbildung 3.8.1.2-4 Vergleichsrechnung zwischen Flixo und DIN 4108, Bbl. 2

Punktuelle Anschlüsse – z.B. Unterkonstruktionen von Fassadenelementen - finden dann in der Berechnung Beachtung, wenn ihr Einfluss auf den Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  laut [DIN EN ISO 10211-1: 1995-11] (Anhang D) größer als 0,005 ist. Der Temperaturfaktor  $f_{Rsi}$  definiert die

Differenz zwischen der Innenraumtemperatur und der inneren Oberflächentemperatur, bezogen auf die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft, unter Berücksichtigung des inneren Wärmeübergangswiderstand  $R_{si}$ .

Bei signifikanten Auswirkungen durch Stahldübel oder sonstigen Befestigungsmitteln werden die Wärmeleitfähigkeiten über ihre Flächenverhältnisse gemittelt. Diese Werte werden in ein zweidimensionales Berechnungsprogramm eingegeben. Somit werden dreidimensionale Einflüsse auf zweidimensionale Betrachtungen umgerechnet.

Zur rechnerischen Ermittlung der Wärmeverluste wird das thermische Analyse- und Reporting-Programm „Flixo“ von der Firma Infomind GmbH, Zürich, benutzt.

Das Programm analysiert thermische Aspekte eines Bauteils oder einer Konstruktion. Es besteht aus einem CAD Eingabeteil und einem Berichtsteil. Es berechnet und visualisiert Temperaturen und Wärmestromdichten.

Eingabeschritte im Programm:

- Import des DXF - Details, bzw. händische Eingabe des Details
- Anpassen des Details für die Berechnung (Ergänzung/Löschen wichtiger/unnötiger Linien usw.....)
- Zuweisen von Baustoffen für die in der Zeichnung dargestellten Bereiche
- Eingabe der Randbedingungen
- Durchführung der Berechnung
- Bewertung und Ergebnisbearbeitung für Dokumentation

### Messmethode

Parallel wurden die tatsächlichen Wärmeströme mit Hilfe einer Wärmebildkamera der Firma Testo, Lenzkirch, Typ 880-3 gemessen.

Wärmebildkameras nehmen die abgestrahlte Wärmeenergie von Materialien auf und berechnen diese Strahlungsleistung über physikalische Formeln in der Kamera in Temperaturen um. Aus den Daten entsteht ein schwarz/weiß Bild. Dieses ursprüngliche schwarz/weiß Bild kann unterschiedlichen Farbpaletten zugeordnet werden, die als Infrarot-Bilder bekannt sind.

Die verwendete Kamera ist nicht geeicht. Sie gibt Temperaturen wider in der Werkstoleranz von  $\pm 2$  Kelvin. Insofern liegen die ermittelten absoluten Temperaturen innerhalb der angegebenen Toleranz. Die Kamera arbeitet genau genug um planerische Schwachstellen oder Mängel in der Ausführung deutlich zu machen.

### **3.8.1.3 Kriterien**

Für die rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen Wärmebrückenzuschlags müssen die jeweiligen Wärmebrückenverlustkoeffizienten ( $\Psi_e$ -Werte) und deren Längen ermittelt werden. Die Multiplikation der Komponenten ergibt den Teil-Wärmestrom dieser Wärmebrücke. Nach Addition aller Teil-Wärmeströme und Division der gesamten beheizten Gebäude-Hüllfläche  $A$  nach [EnEV 2007] (opake und transparente Bauteile) erhält man einen auf die Gesamtfläche bezogenen Wärmeverlust  $\Delta U_{WB}$ .

### **3.8.1.3 Ziele**

- Feststellung des realen Wärmebrückenzuschlags
- Vergleich mit den normativen Wärmebrückenzuschlägen (Laut [EnEV 2007])
- Gewichtung der berechneten Wärmebrücken
- Verbesserungspotential der Wärmebrücken von Nichtwohngebäuden
- Visualisieren realer Schwachstellen mithilfe der Wärmebildkamera

## **3.8.2 Züblin Haus**

### **3.8.2.1 Planunterlagen**

Beim vorliegenden Projekt handelt es sich um das Bürogebäude Züblin-Haus in Stuttgart Möhringen. Fertigstellung war im Jahr 1984 und repräsentiert den Gebäudetyp Altbau.

Als Berechnungsgrundlagen dienen Details von Architekt und Nachunternehmern (Fenster- und Fassadenfachfirmen) in Papierformat.

Aus dem Bauteilkatalog der EnEV Berechnung wurden die erforderlichen Materialkenndaten und Dicke der verwendeten Baustoffe entnommen.

#### Qualität der Planungsunterlagen

Die Werkspläne liegen im Papierformat vor. Sämtliche Wärmebrücken-Details dieses Bauwerks wurden über händische Eingabe in das Rechenprogramm „Flixo“ gezeichnet.

#### Flächenbezogene Außenhülle

Als Bezugsgröße der Wärme abgebenden Hüllfläche wurde die Gesamtfläche von Dach, Fassade (Fenster + Wand), sowie Boden gegen Erdreich/unbeheizter Räume angesetzt, entsprechend der beheizten Gebäudehülle A laut [EnEV 2007].

#### Tages- und Wetteraussagen der Messung

Die Wärmebildaufnahmen wurden an zwei verschiedenen Tagen in den frühen Morgenstunden durchgeführt.

Am 27.01.2009 entstanden die Innen-Aufnahmen im Gebäude und in der Tiefgarage und am 30.01.2009 die Außenaufnahmen von Dach und Fassade.

Die vorherrschenden Witterungsbedingungen zur Messung sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Die wichtigsten Parameter (Datum, Uhrzeit und Emissions-Wert) sind den jeweiligen Thermografie-Bildern im Bericht (Anlage 3) zu entnehmen.

Diagramm 3.8.2.1-1 stellt grafisch den Verlauf von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit innerhalb eines Zeitraumes von 10 Tage vor bis 3 Tage nach der Thermografie-Messung dar. Die fett markierten Linien im Diagramm grenzen die Wetterparameter zum Zeitpunkt der Messung ein.

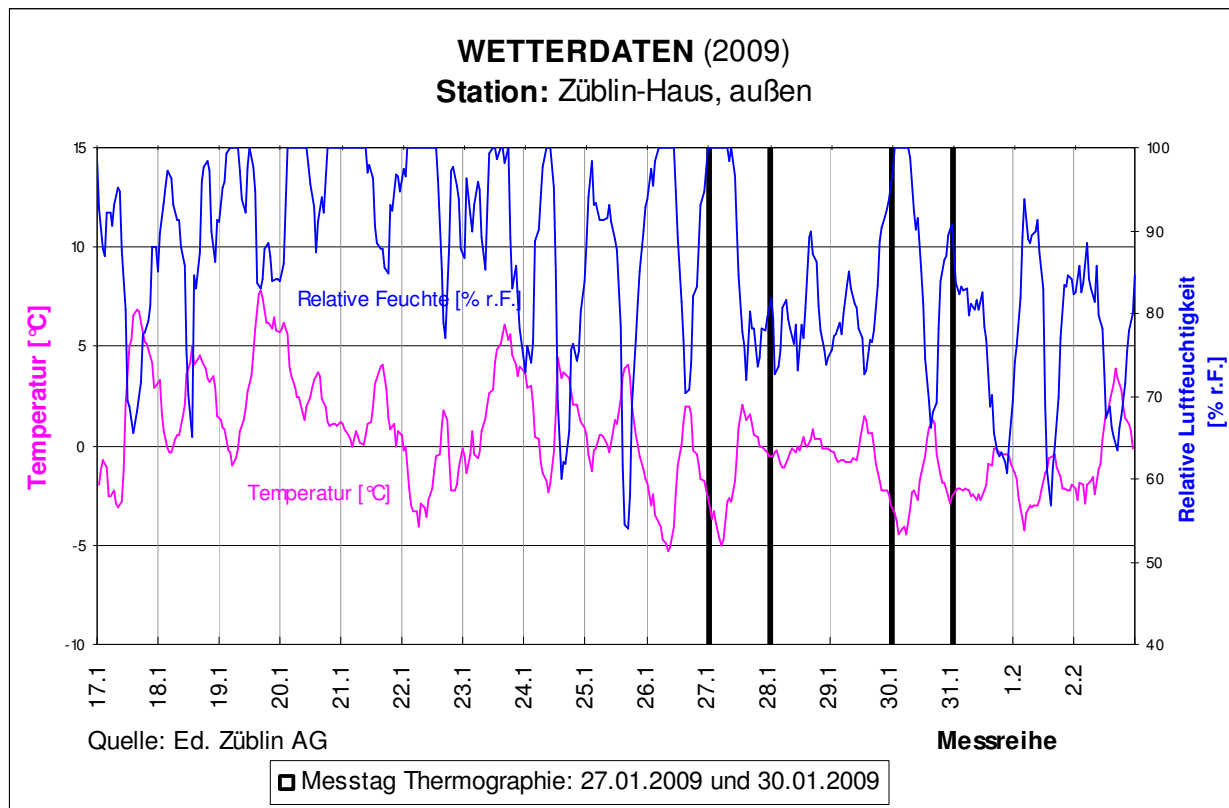


Diagramm 3.8.2.1-1: Wetterdaten vor und nach der Thermografischen Messung des Gebäudes

### 3.8.2.2 Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen

#### Rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags

Wie unter Punkt 3.8.1.2 bereits beschrieben, werden mit Hilfe eines Simulationsprogramms Wärmeströme der einzelnen Wärmebrücken berechnet um daraus den Wärmebrückenverlustkoeffizienten zu ermitteln. Durch Multiplikation mit der Länge und dem dazugehörigen Temperaturkoeffizienten (gemäß [EnEV 2007]) für Dach, Außenwand, Fenster und Boden erhält man den Wärmeverlust dieser Wärmebrücke auf das Projekt bezogen.

Geometrie/Konstruktion des Anschlusses ergibt sich aus den eingelesenen DXF Dateien. Die jeweiligen Längen der Wärmebrücken sind aus den Plänen ermittelt.

Die Leitwerte und Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  wurden manuell ermittelt, welche jedes Isothermenbild beinhaltet (siehe Anlage 1 und 2).

Unter Berücksichtigung der 24 untersuchten Wärmebrücken und der angesetzten beheizten Gebäudehülle A von ca. 16.650 qm beträgt der rechnerisch ermittelte Wärmebrückenzuschlag für das Projekt:

$$\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

### Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste

Das Diagramm 3.8.2.2-2 stellt den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2 dar, sortiert nach Ihrem Gewichtungsanteil und aufsummiert, um auf den absoluten Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu gelangen.

Die Darstellung des Kurvenverlaufs ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Wärmebrücken dazu führen, dass der normativ, angesetzte, pauschale Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  lt. [EnEV2007] Berechnung um ca. 8 % überschritten wird.

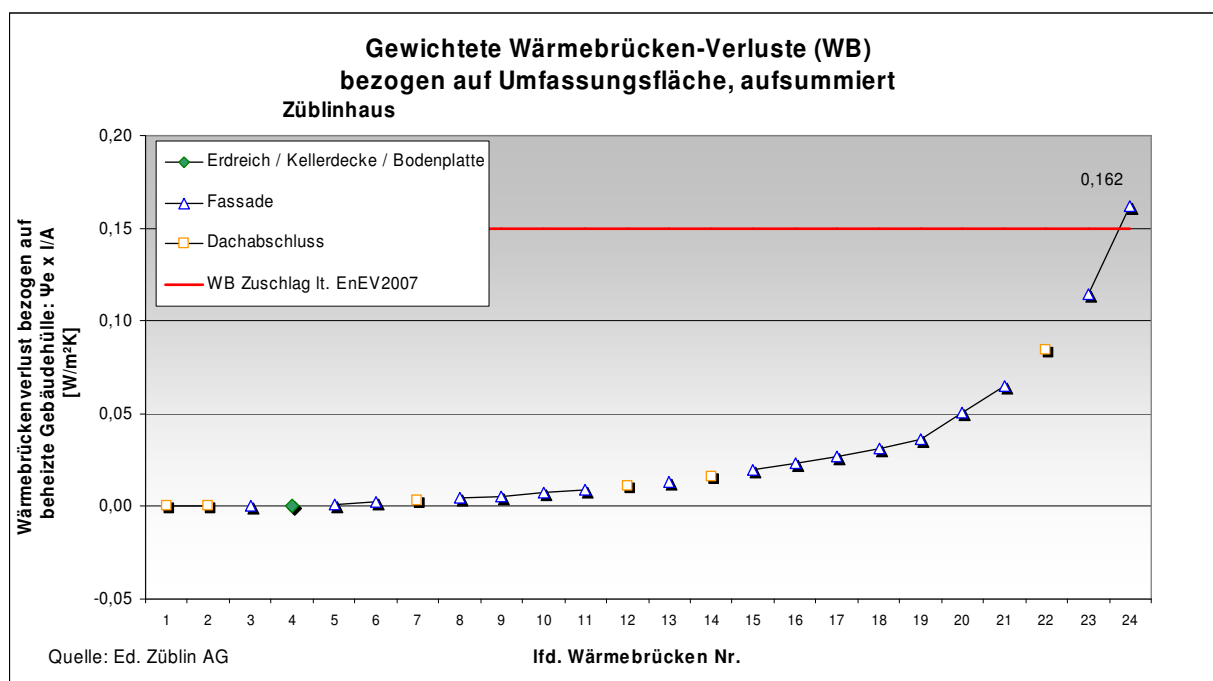


Diagramm 3.8.2.2-2: Wärmebrückenverluste nach Gewichtungsanteil sortiert und aufsummiert

Der Kurvenverlauf zeigt, dass die Wärmebrücke Nr. 24 (Außenwand-Geschossdeckeneinbindung EG-6. OG) den maßgeblichsten Anteil an der Überschreitung des normativ angesetzten Wärmebrückenzuschlags hat.

Für die Feststellung der Ursachen des hohen Wärmebrückenverlustes werden im nachfolgenden Diagramm 3.8.2.2-3 sämtliche Wärmebrücken in ihrem Gewichtsanteil zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und „Summe Wärmebrückenlängen“ gegenübergestellt.



### Gegenüberstellung der Gewichtsanteile Wärmebrückenverluste und -längen

Im Diagramm 3.8.2.2-3 werden die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp mit den jeweiligen prozentualen Gewichtsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

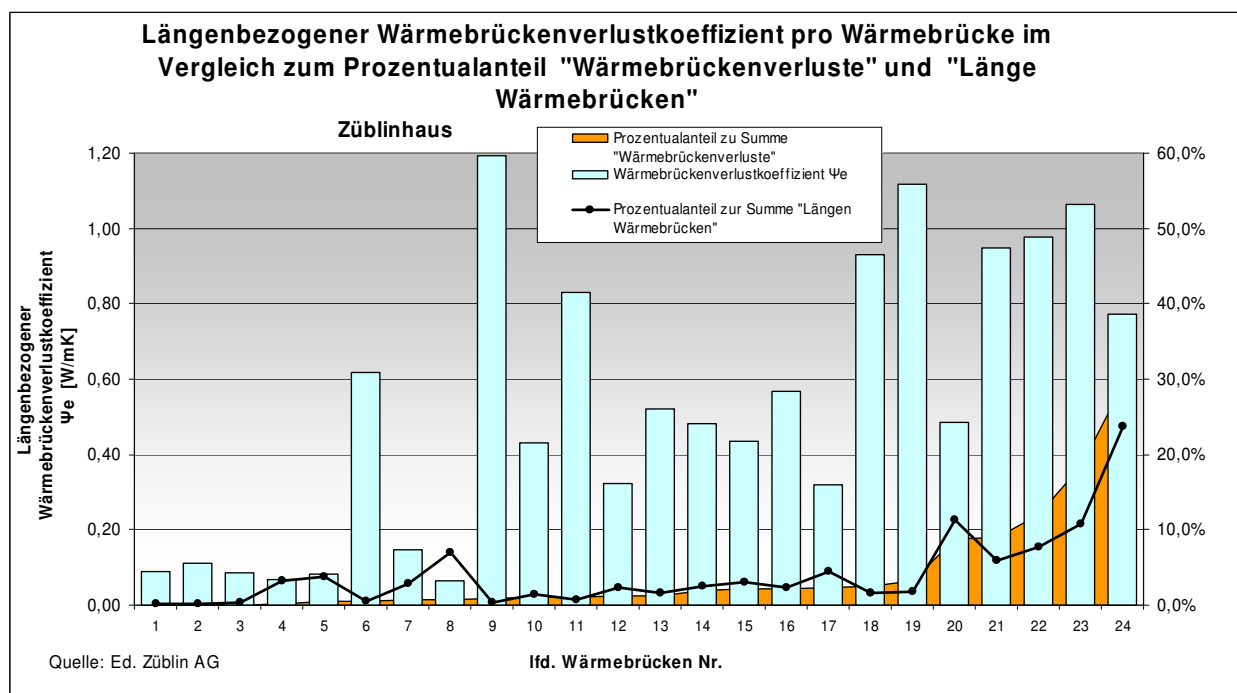


Diagramm 3.8.2.2-3: Gegenüberstellung der Gewichtsanteile Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

Der Vergleich der längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp zeigt, dass die Wärmebrückenqualität Nr. 24 die wesentlichste Ursache für die Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 8 % ist.

Die Ursache für o.g. Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 8 % liegt am hohen Gewichtsanteil von 23.8 % der Wärmebrücke Nr. 24 (Außenwand-Geschossdeckeneinbindung EG-6. OG) zur Summe „Länge Wärmebrücken“.

### Beschreibung der Schwachstellen / Vergleich Isothermen

Laut Auswertung des Diagramms 3.8.2.2-3 unter Punkt 3.8.1.3 befinden sich die größten gebäudespezifischen Wärmebrückenverluste des Züblin-Hauses bei den Fensteranschlüssen (Sturz/Brüstung).

Die Ursachen und gleichzeitigen Verbesserungspotentiale werden am Beispiel der Wärmebrücke mit der laufenden Nr. 24 (Außenwand-Geschossdeckeneinbindung EG-6. OG) gezeigt.

Der errechnete Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail liegt bei  $\Psi_e = 0,771 \text{ W/mK}$ . (siehe Anlage 2).

Die Ursache für den hohen Wärmebrückenverlustkoeffizient liegt an der Einbausituation, die von den Planungsbeispielen der [DIN 4108, Beiblatt 2] abweicht, da die außen liegende Wärmedämmung nicht über die Fensterrahmen überlappend eingebaut wurde.

Zudem ist die Außenwand nicht in einer Flucht sondern mehrfach abgekantet konstruiert. Die ursprüngliche Dämmdicke der Außenwand von  $d=8\text{cm}$  reduziert sich in den Abkantungen auf  $d=4\text{cm}$  (siehe Detail). In Bezug auf den Wärmeverlust stellt dies eine enorme Schwachstelle dar.

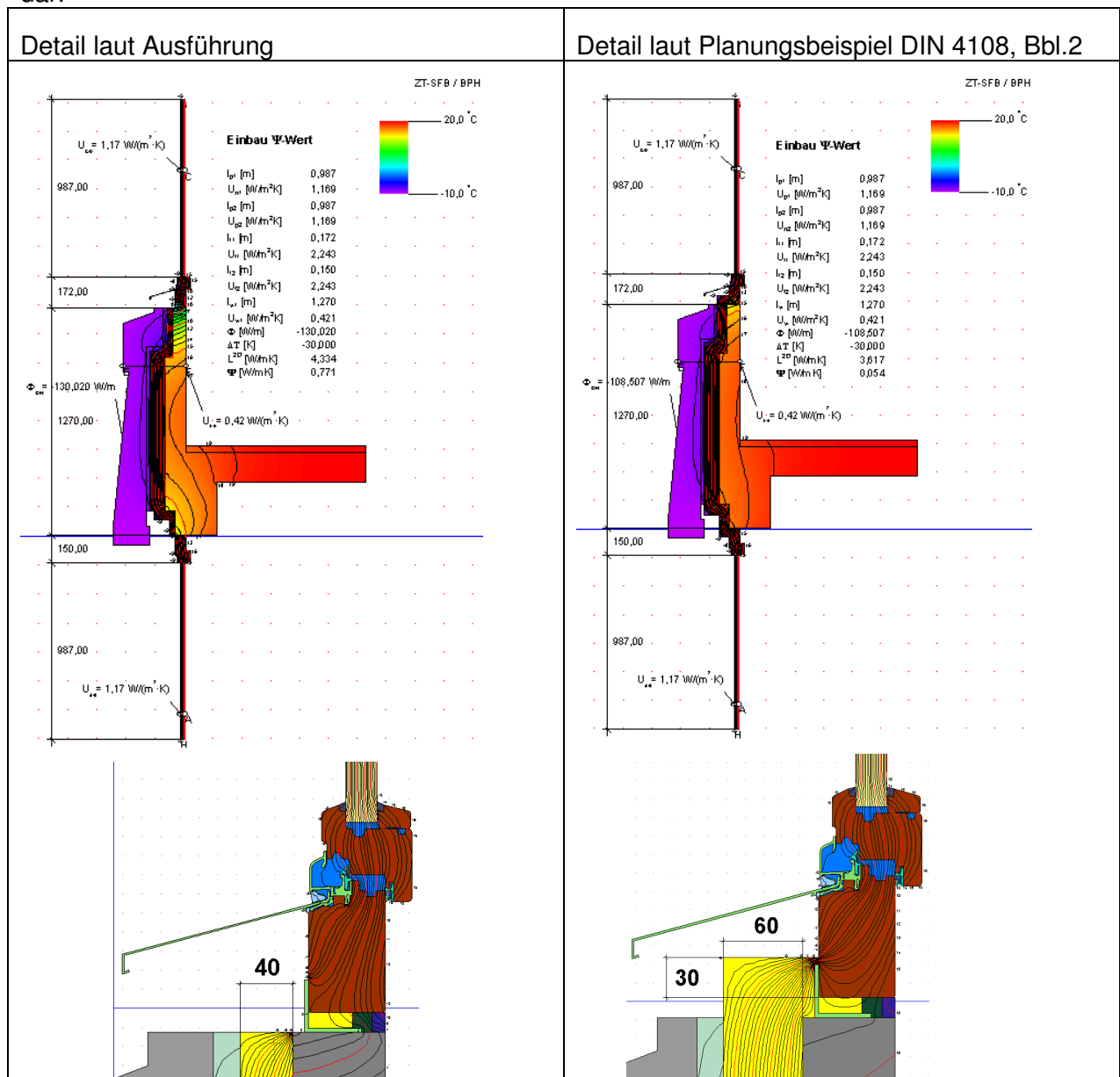


Abbildung: 3.8.2.2-5: Wärmebrückenberechnung Brüstungs-/Sturzanschluss Fassade

Eine erneute Berechnung unter Einhaltung der Planungsbeispiele von [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] (Außenkante Fensterprofil bündig mit Innenkante Wärmedämmung, sowie eine Überdeckung der Wärmedämmung von 3cm über dem Fensterprofil, Dämmdicke anstelle  $d=4\text{cm}$  erhöht auf  $d=6\text{cm}$ ) ergibt eine deutliche Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten von  $\Psi_e = 0,771 \text{ W/mK}$  auf  $\Psi_e = 0,054 \text{ W/mK}$ , wie Abbildung 3.8.2.2-5 verdeutlicht.

Dadurch verbessert sich für dieses Anschlussdetail der Wärmebrückenverlustkoeffizient um 93%.

Dieselbe Vorgehensweise bei der Wärmebrücke mit der Position 9-1 (Außenwand-Außenwand-Brüstungselement-Stütze EG-6. OG) ergibt eine Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten um 52,5%, wie Abbildung 3.8.2.2-6 darstellt.

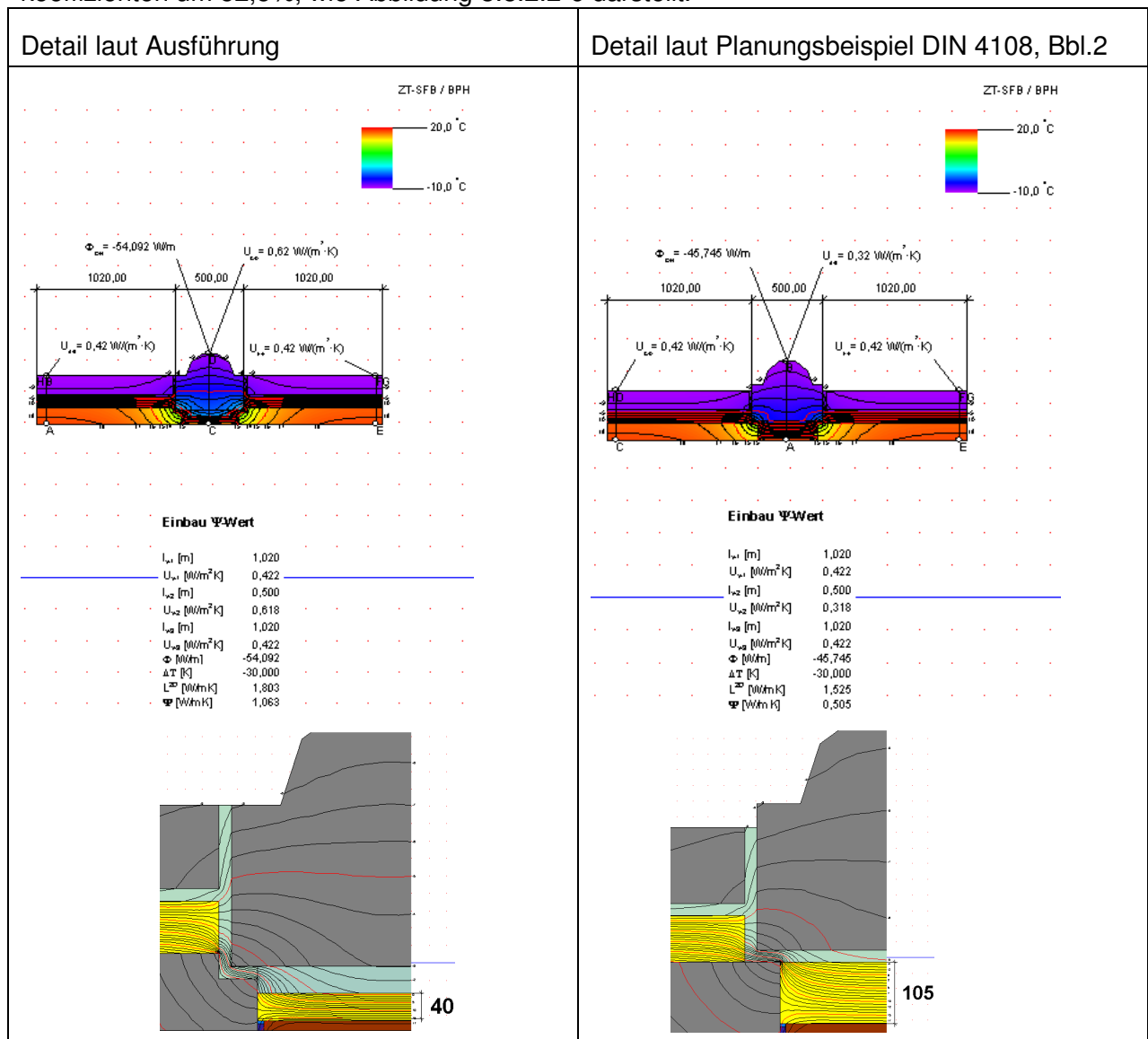


Abbildung: 3.8.2.2-6: Wärmebrückenberechnung Sturzanschluss

Aufgrund der großen Anzahl dieser Wärmebrücken (Fensteranschlüsse) und deren Wärmeverlustpotential bedarf es hier zukünftig in der Planung einer höheren Priorität.

Daraus wird auch ersichtlich, wie empfindlich und unterschiedlich die Ermittlung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten in Bezug auf die Konstruktion der Wärmebrücken sind.

Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste nach Teilloptimierung

Das Diagramm 3.8.2.2-4 stellt, wie Diagramm 3.8.2.2-2, den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2, dar, mit dem Unterschied, dass wenige entscheidende Wärmebrückendetails so abgeändert wurden, um den Planungsbeispielen der [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] zu genügen. (siehe Abbildungen 3.8.2.2-5 und 3.8.2.2-6).

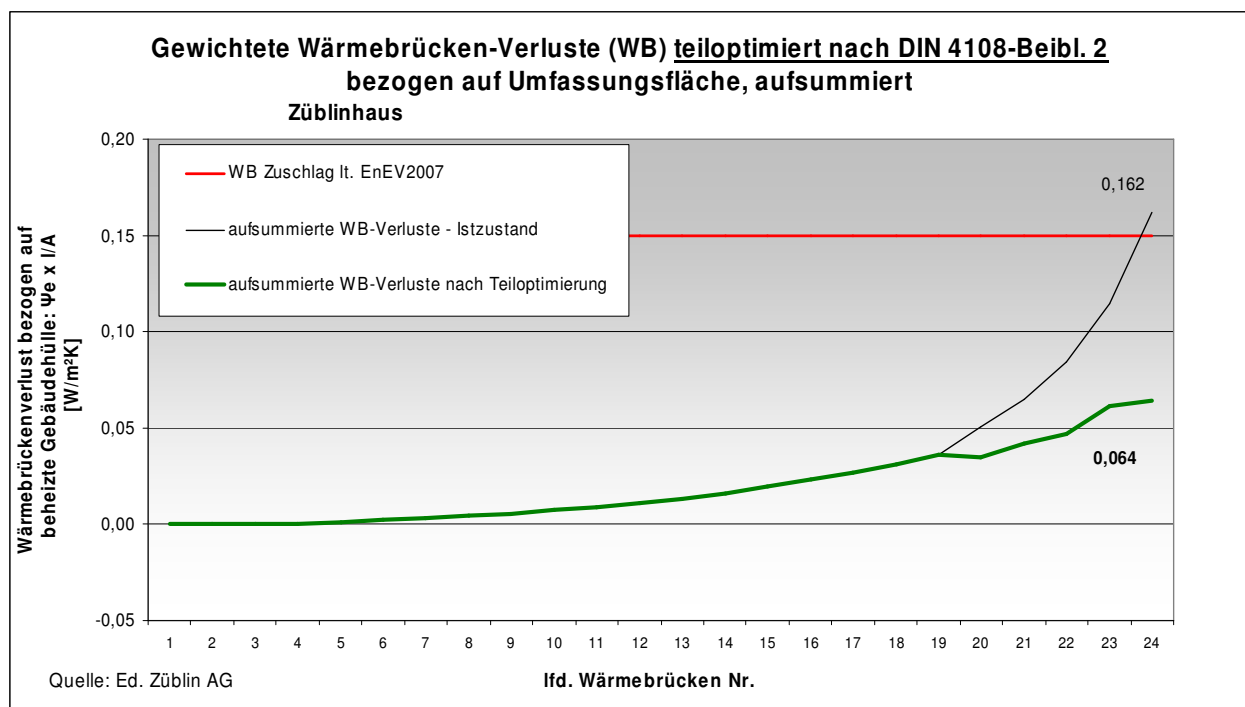


Diagramm 3.8.2.2-4: Gewichtete Wärmebrückenverluste, teilloptimiert nach DIN 4108, Bbl. 2, nach Gewichtungsanteil sortiert und aufsummiert

Gegenüberstellung der Gewichtungsanteile Wärmebrückenverluste und -längen nach Teilloptimierung

Im Diagramm 3.8.2.2-5 werden, wie im Diagramm 3.8.2.2-3, die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp nach der Teilloptimierung mit den jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

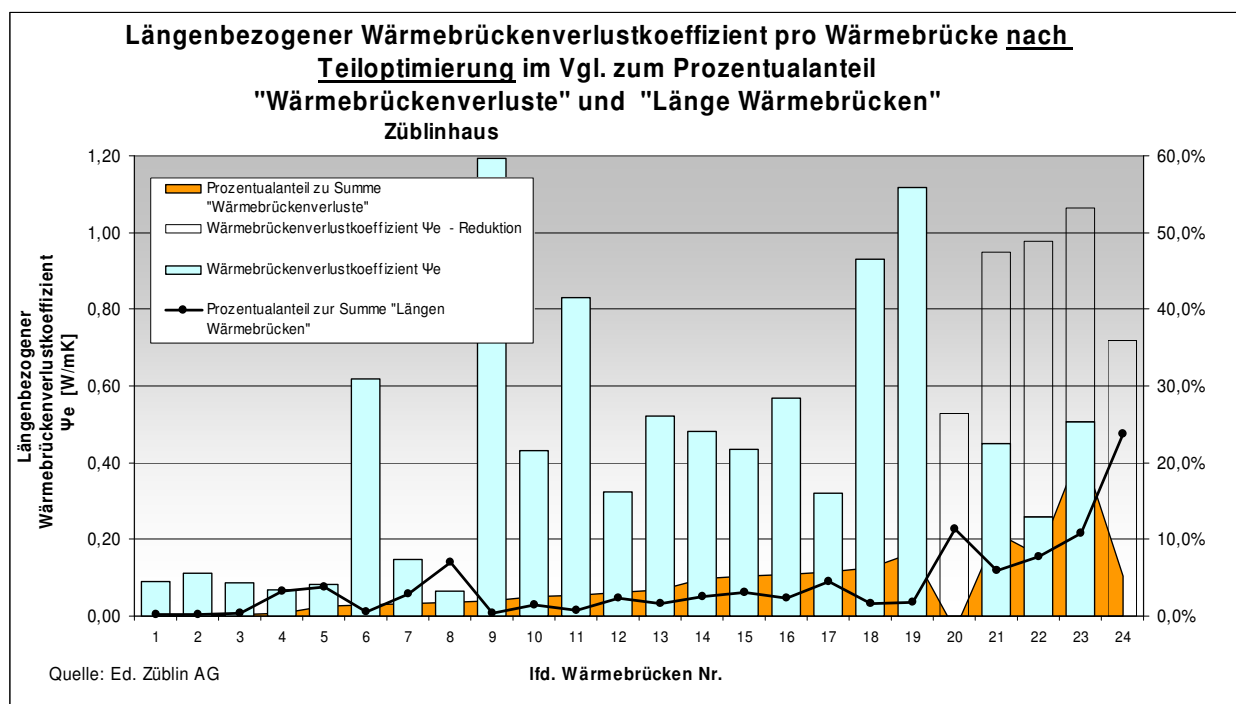


Diagramm 3.8.2.2-5: Gegenüberstellung der Gewichtsanteile teilloptimierter Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

### 3.8.2.3 Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen

Die Auswertung der Wärmebildaufnahmen des Züblin-Hauses ergab folgende Erkenntnis:

#### *Dach:*

Das Dach lässt keine ungewöhnlichen Wärmeverluste über Wärmebrücken erkennen. Sowohl Attika als auch Dachfläche (Technikzentralen) weisen eine gleichmäßig niedrige Wärmeabgabe auf.

#### *Innenaufnahmen:*

Das Gebäude besteht aus einer Stahlbeton-Fertigteile-Konstruktion. Als statische Auflager sämtlicher Deckenträger dienen Stahlbeton-Konsolen. Diese Konsolen stellen regelmäßige punktuelle Wärmebrücken dar (siehe Anlage 3, Bild 163).

An einigen Fenstern wurden Wärmeverluste durch Undichtigkeiten festgestellt, weil einige verzogene Fensterrahmen ungewollte Lüftungswärmeverluste verursachen.

Die Podestplatten zu den Laufstegen hin, sind nicht thermisch von den warmen Bereichen entkoppelt (siehe Anlage, Bild 172).

#### *Keller/Tiefgarage:*

Ungedämmte Kellerwände als Abgrenzung von warmen Bereichen zu unbeheizten Zonen (Tiefgarage) weisen höhere Wärmeverluste auf.

*Außenaufnahmen:*

Die Fassade lässt große Wärmeverluste über Wärmebrücken erkennen. Hier machen sich die verwinkelten Fassadenflächen und deren Dämmdickenreduzierungen bemerkbar. Auch die Querschnittsschwächung durch Fugen zeigen deutliche Wärmeverluste auf.

### **3.8.2.4 Fazit**

Bei der Erstellung des Züblin-Hauses wurden keine speziellen Anforderungen an Wärmebrücken laut [EnEV 2002-2007] gestellt, da das Gebäude noch der [WSchVO `82] unterlag.

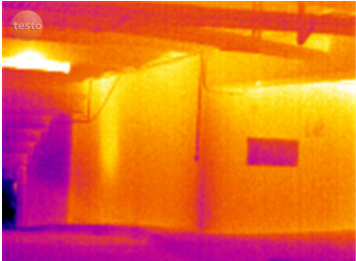

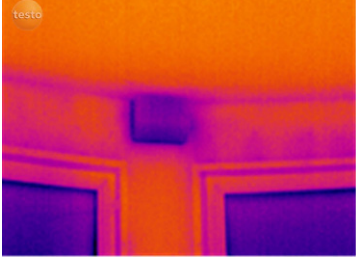

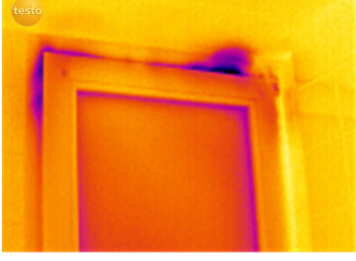

Für den Gebäudevergleich des Forschungsvorhabens „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ wurde die Berechnung nach EnEV 2007 nochmals berechnet und der Pauschal-Wert für Wärmebrückenverluste von  $\Delta U_{WB} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt.

Die rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlages für das Züblin-Haus ergab einen  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Verbesserungsmaßnahmen, wie unter Punkt 3.8.2.2 beschrieben, hätten den Wärmebrückenzuschlag von vormals  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf  $\Delta U_{WB} = 0,064 \text{ W/m}^2\text{K}$  beispielsweise reduzieren können, wenn in der Ausführungsplanung unter anderem dabei die Fensteranschlüsse so abgeändert worden wären, dass sie den Planungsbeispielen nach [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] entsprochen hätten.

Weitere vermeidbare Energieverluste wurden durch Aufnahmen mittels der Wärmebildkamera deutlich.

- Ungedämmte Betonwände, die warme Zonen (Treppenhaus, Kellerräume) von unbeheizten Zonen (Tiefgarage) abgrenzen
- ungedämmte Konsolen als Träger-Auflage
- Lüftungswärmeverluste durch undichte Fensterprofile

|   |  |
|---|--|
| <p>Thermogramm Kellerwand</p>   | <p>Echtbild Kellerwand</p>   |
|    |    |
| <p>Thermogramm Konsole</p>  | <p>Echtbild Konsole</p>  |
|    |    |
| <p>Thermogramm Fensterprofil</p>  | <p>Echtbild Fensterprofil</p>  |
|  |  |

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.8.3 Z-zwo**

#### **3.8.3.1 Planunterlagen**

Beim vorliegenden Projekt handelt es sich um das Bürogebäude Z-Zwo in Stuttgart Möhringen. Baubeginn war Januar 2001 und repräsentiert den Gebäudetyp Neubau.

Als Berechnungsgrundlagen dienen Details von Architekt und Nachunternehmern (Fenster- und Fassadenfachfirmen) als CAD-Zeichnung.

Aus dem Bauteilkatalog der EnEV Berechnung wurden die erforderlichen Materialkenndaten und Dicke der verwendeten Baustoffe entnommen.

#### Qualität der Planungsunterlagen

Die Werkspläne liegen im PLT Format vor. Über mehrere Zwischenschritte wurden die Plot Dateien in DXF Dateien umgewandelt, da das Zeichenmodul des Rechenprogramms Flixo nur Dateien im DXF – Format importiert.

#### Flächenbezogene Außenhülle

Als Bezugsgröße der Wärme abgebenden Hüllfläche wurde die Gesamtfläche von Dach, Fassade (Fenster + Wand), sowie Boden gegen Erdreich/unbeheizter Räume angesetzt, entsprechend der beheizten Gebäudehülle A laut [EnEV 2007].

#### Tages- und Wetteraussagen der Messung

Die Wärmebilddaufnahmen wurden an zwei verschiedenen Tagen in den frühen Morgenstunden durchgeführt.

Am 30.01.2009 entstanden die Innen-Aufnahmen im Gebäude und in der Tiefgarage und am 03.02.2009 die Außenaufnahmen von Dach und Fassade.

Die vorherrschenden Witterungsbedingungen zur Messung sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Die wichtigsten Parameter (Datum, Uhrzeit und Emissions-Wert) sind den jeweiligen Thermografie-Bildern im Bericht (Anlage 3) zu entnehmen.

Diagramm 3.8.2.1-1 stellt grafisch den Verlauf von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit innerhalb eines Zeitraumes von 10 Tage vor bis 3 Tage nach der Thermografie-Messung dar. Die fett markierten Linien im Diagramm grenzen die Wetterparameter zum Zeitpunkt der Messung ein.



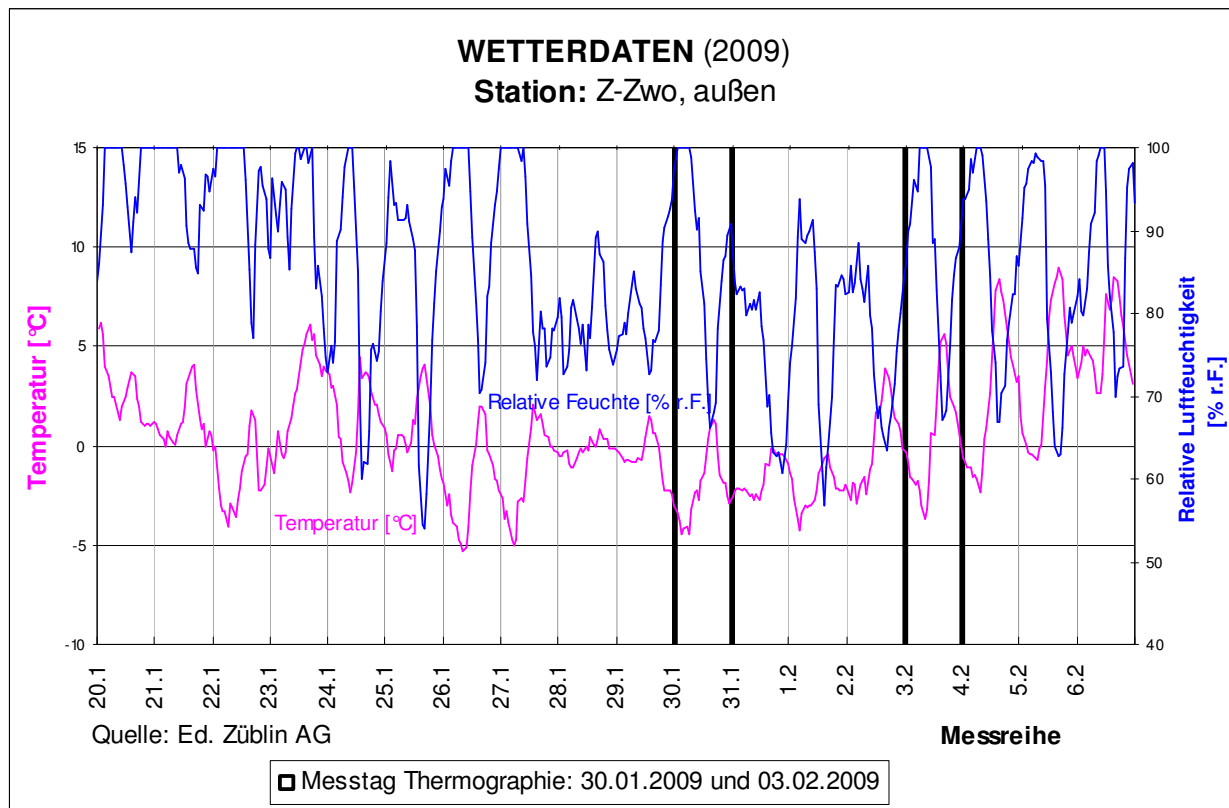


Diagramm 3.8.2.1-1: Wetterdaten vor und nach der Thermografischen Messung des Gebäudes

### 3.8.3.2 Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen

#### Rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags

Wie unter Punkt 3.8.1.2 bereits beschrieben, werden mit Hilfe eines Simulationsprogramms Wärmeströme der einzelnen Wärmebrücken berechnet um daraus den Wärmebrückenverlustkoeffizienten zu ermitteln. Durch Multiplikation mit der Länge und dem dazugehörigen Temperaturkoeffizienten (gemäß [EnEV 2007]) für Dach, Außenwand, Fenster und Boden erhält man den Wärmeverlust dieser Wärmebrücke auf das Projekt bezogen.

Geometrie/Konstruktion des Anschlusses ergibt sich aus den eingelesenen DXF Dateien. Die jeweiligen Längen der Wärmebrücken sind aus den Plänen ermittelt.

Die Leitwerte und Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  wurden manuell ermittelt, welche jedes Isothermenbild beinhaltet (siehe Anlage 1 und 2).

Unter Berücksichtigung der 30 untersuchten Wärmebrücken und der angesetzten beheizten Gebäudehülle A von ca. 7.700 qm beträgt der rechnerisch ermittelte Wärmebrückenzuschlag für das Projekt:

$$\Delta U_{WB} = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

### Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste

Das Diagramm 3.8.2.2-2 stellt den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2 dar, sortiert nach Ihrem Gewichtungsanteil und aufsummiert, um auf den absoluten Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,148 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu gelangen.

Die Darstellung des Kurvenverlaufs ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Wärmebrücken dazu führen, dass der normativ, angesetzte, pauschale Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  lt. [EnEV 2007] Berechnung um 48 % überschritten wird.

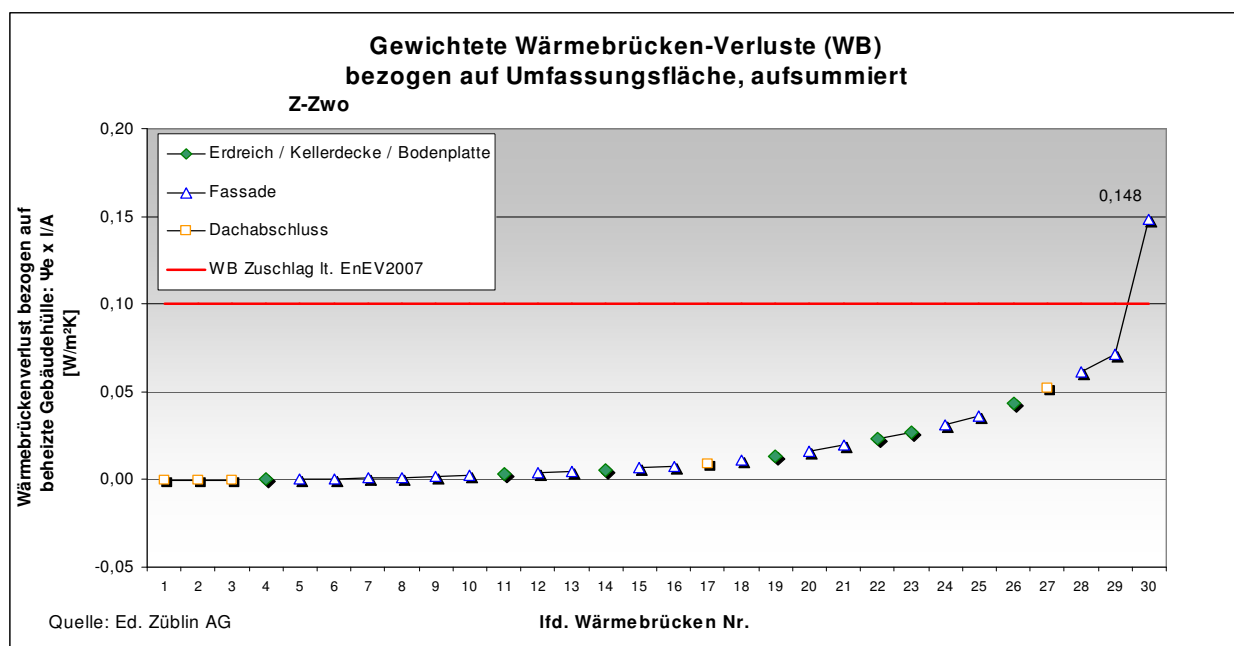


Diagramm 3.8.2.2-2: Wärmebrückenverluste nach Gewichtungsanteil sortiert und aufsummiert

Der Kurvenverlauf zeigt, dass die Wärmebrücke Nr. 30 (Fenster-Außenwand-Brüstung 1.-5. OG) den maßgeblichsten Anteil an der Überschreitung des normativ angesetzten Wärmebrückenzuschlags hat.

Für die Feststellung der Ursachen des hohen Wärmebrückenverlustes werden im nachfolgenden Diagramm 3.8.2.2-3 sämtliche Wärmebrücken in ihrem Gewichtsanteil zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und „Summe Wärmebrückenlängen“ gegenübergestellt.

### Gegenüberstellung der Gewichtungsanteile Wärmebrückenverluste und -längen

Im Diagramm 3.8.2.2-3 werden die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp mit den jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

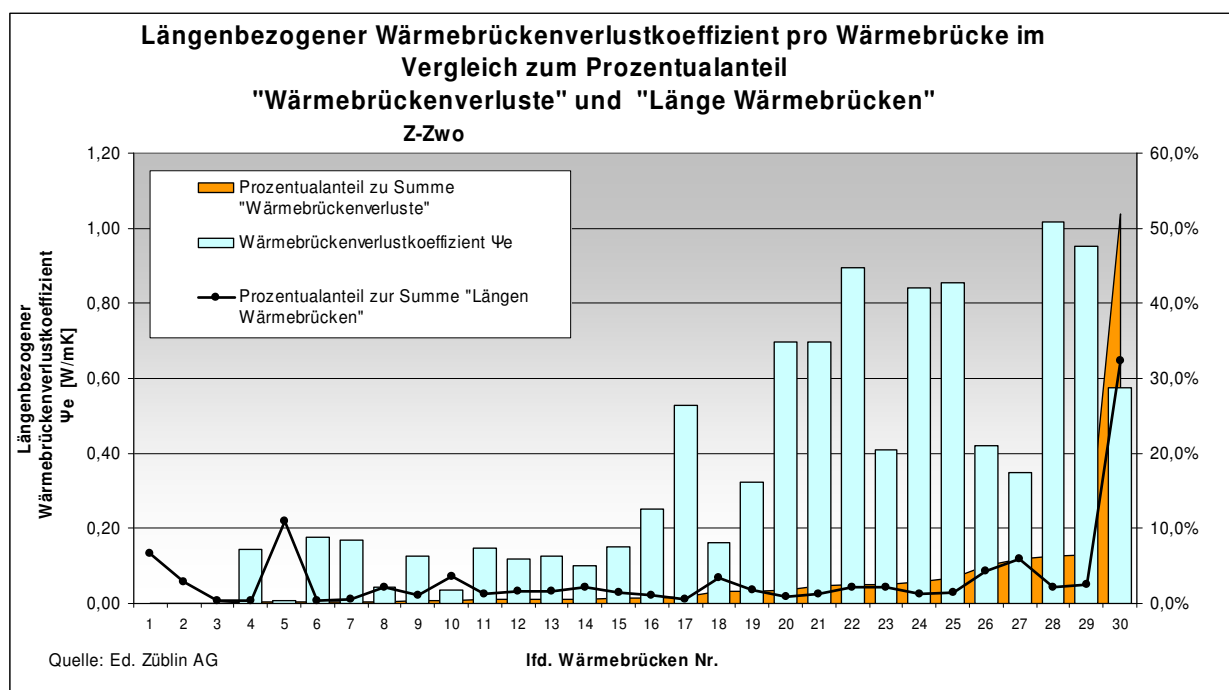


Diagramm 3.8.2.2-3: Gegenüberstellung der Gewichtungsanteile Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

Der Vergleich der längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp zeigt, dass die Wärmebrückenqualität Nr. 30 nicht die wesentlichste Ursache für die Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 48 % sein kann, da die Wärmebrücken Nr. 20-22, 24-25 und 28-29 einen um 18 % bis 44% höheren Wärmebrückenverlust pro m aufweisen als die Wärmebrücke Nr. 30.

Die Ursache für o.g. Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 48 % liegt im wesentlichen am hohen Gewichtungsanteil von 32.3 % der Wärmebrücke Nr. 30 (Fenster-Außenwand-Brüstung 1.-5. OG) zur Summe „Länge Wärmebrücken“.

Beschreibung der Schwachstellen / Vergleich Isothermen

Laut Auswertung des Diagramms 3.8.2.2-3 unter Punkt 3.8.3.2 befinden sich die größten gebäudespezifischen Wärmebrückenverluste des Z-Zwo's bei den Fensteranschlüssen.

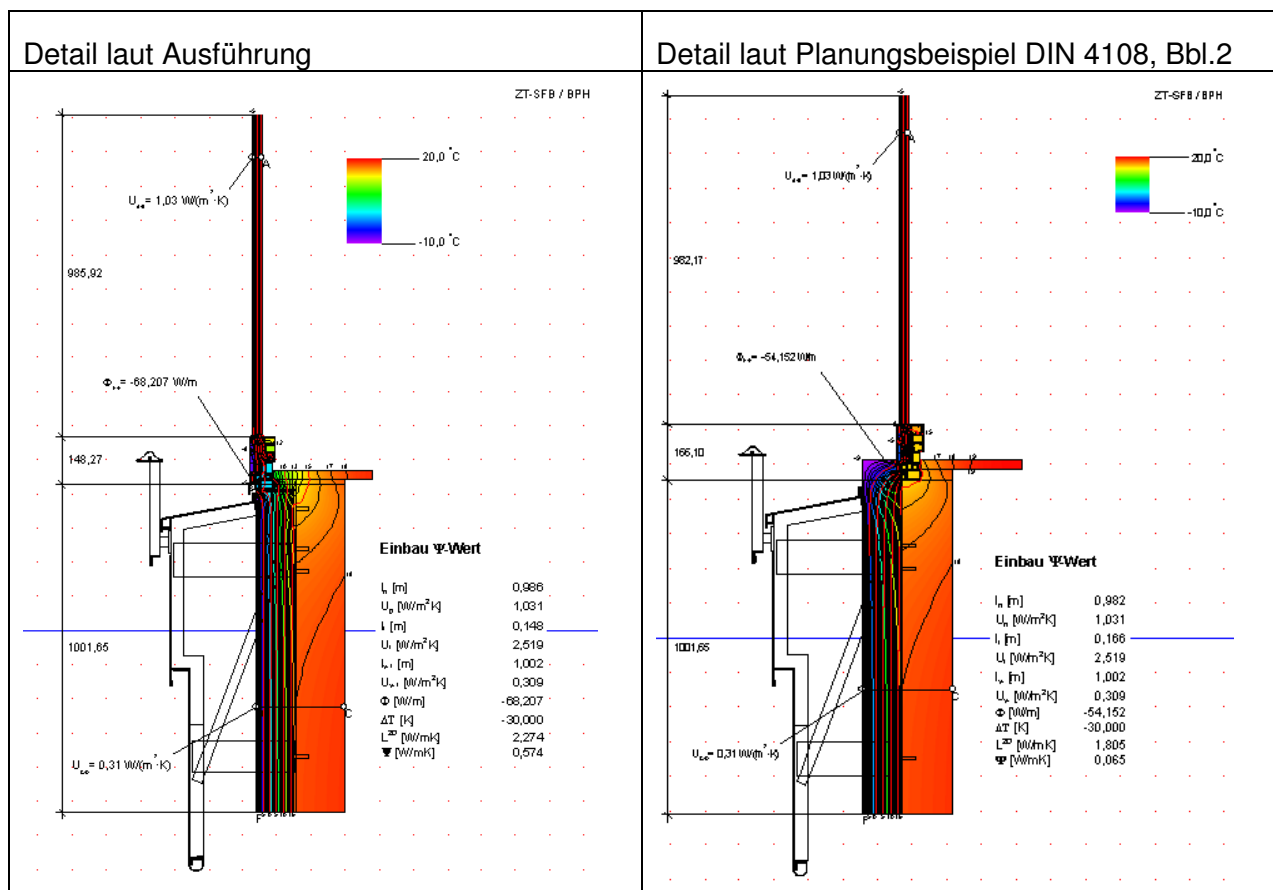
Die Ursachen und gleichzeitigen Verbesserungspotentiale werden am Beispiel der Wärmebrücke mit der laufenden Nr. 30 (Fenster-Außenwand-Brüstung 1.-5. OG) gezeigt

Der errechnete Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail liegt bei  $\Psi_e = 0,574 \text{ W/mK}$ . (siehe Anlage 2).

Die Ursache für den hohen Wärmebrückenverlustkoeffizient liegt an der Einbausituation, die von den Planungsbeispielen der DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] abweicht, da die außen liegende Wärmedämmung nicht über die Fensterrahmen überlappend eingebaut wurde.

Zudem liegen die Fensterprofile bündig mit der Außenkante der Wärmedämmung.

In Bezug auf den Wärmeverlust stellt dies eine enorme Schwachstelle dar.



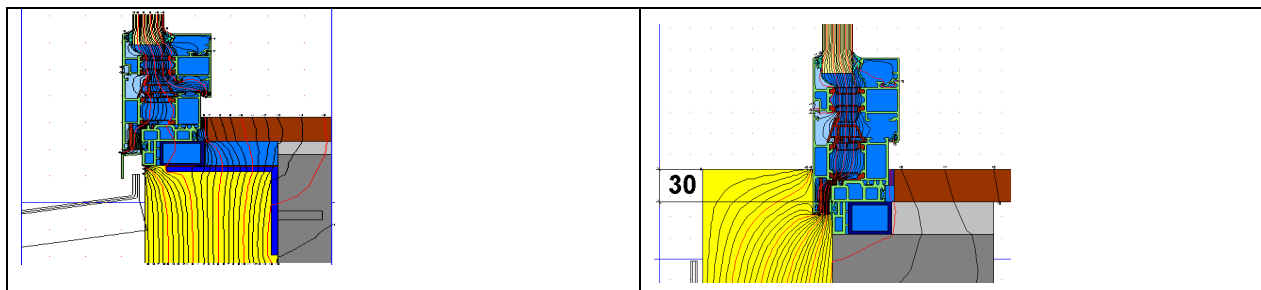


Abbildung: 3.8.2.2-5: Wärmebrückenberechnung Brüstungsanschluss Fassade

Eine erneute Berechnung unter Einhaltung der Planungsbeispiele von DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] (Außenkante Fensterprofil bündig mit Innenkante Wärmedämmung, sowie eine Überdeckung der Wärmedämmung von 3cm über dem Fensterprofil) ergibt eine deutliche Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten von  $\Psi_e = 0,574 \text{ W/mK}$  auf  $\Psi_e = 0,065 \text{ W/mK}$ , wie Abbildung 3.8.2.2-5 verdeutlicht.

Dadurch verbessert sich für dieses Anschlussdetail der Wärmebrückenverlustkoeffizient um 88,7%.

Dieselbe Vorgehensweise bei der Wärmebrücke mit der Position 22-1 (Fenster-Außenwand-Sturz-festverglast 1.-5. OG) ergibt eine Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten um 17,4%, wie Abbildung 3.8.2.2-6 darstellt.

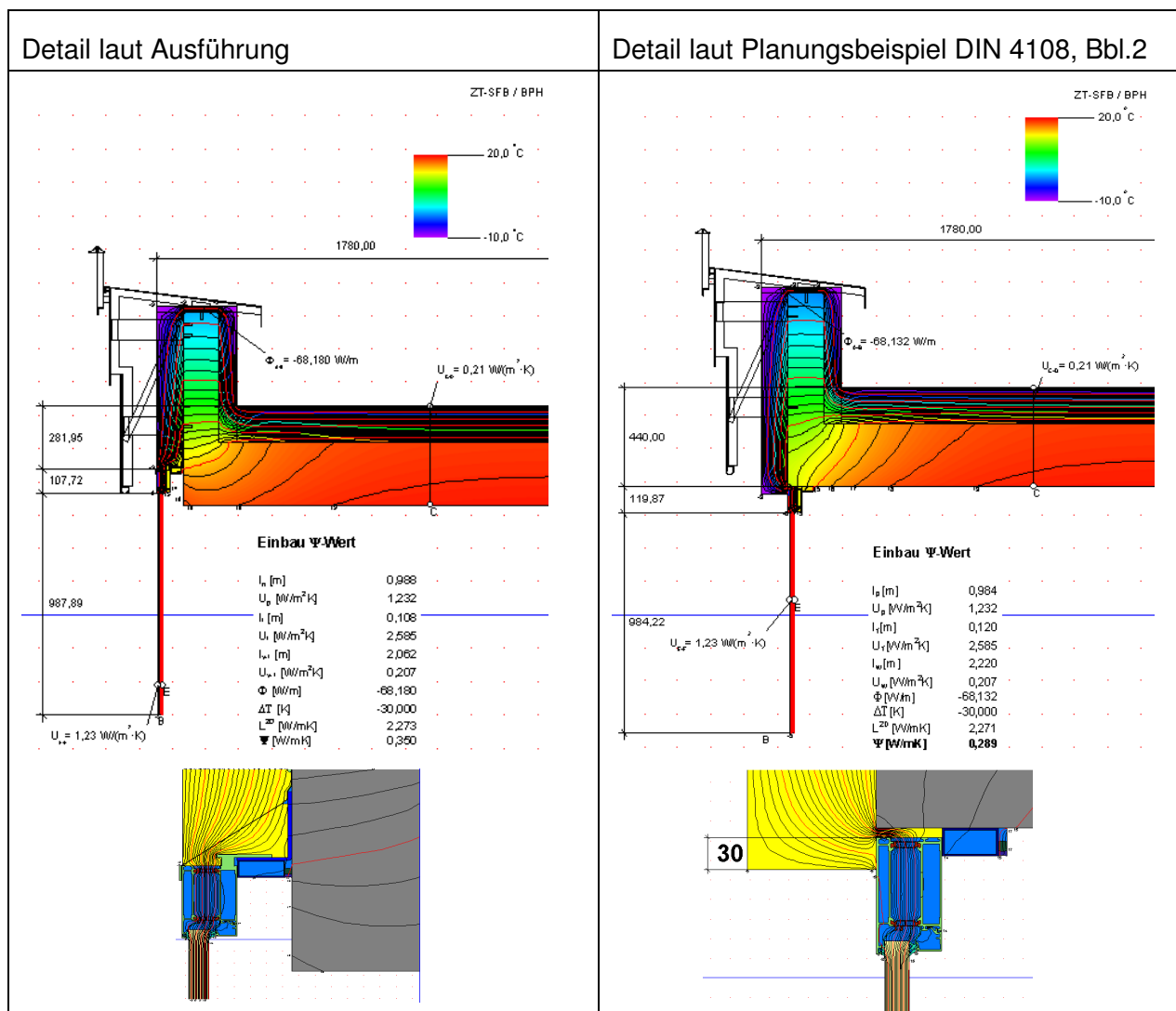


Abbildung: 3.8.2.2.-6: Wärmebrückenberechnung Sturzanschluss

Aufgrund der großen Anzahl dieser Wärmebrücken (Fensteranschlüsse) und deren Wärmeverlustpotential bedarf es hier zukünftig in der Planung einer höheren Priorität.

Daraus wird auch ersichtlich, wie empfindlich und unterschiedlich die Ermittlung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten in Bezug auf die Konstruktion der Wärmebrücken sind.

### Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste nach Teiloptimierung

Das Diagramm 3.8.2.2-4 stellt, wie Diagramm 3.8.2.2-2, den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2, dar, mit dem Unterschied, dass wenige entscheidende Wärmebrückendetails so abgeändert wurden, um den Planungsbeispielen der DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] zu genügen. (siehe Abbildungen 3.8.2.2-5 und 3.8.2.2-6).

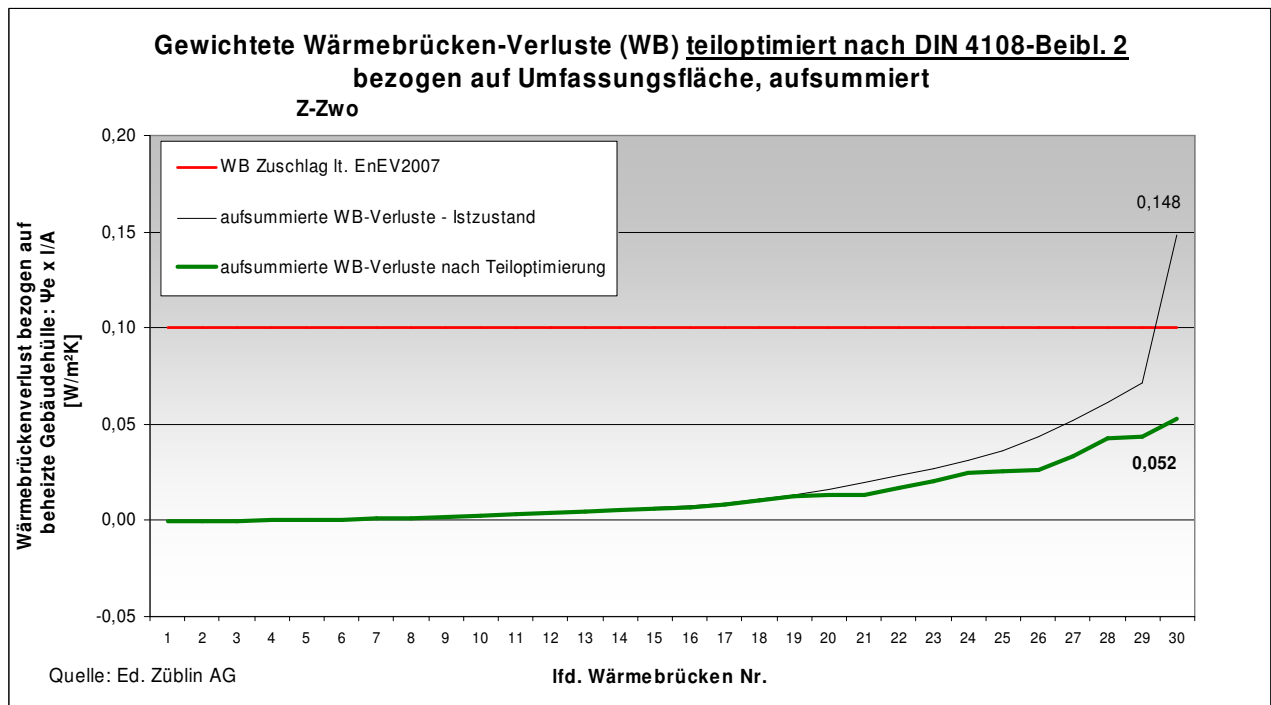


Diagramm 3.8.2.2-4: Gewichtete Wärmebrückenverluste, teilloptimiert nach DIN 4108, Bbl. 2, nach Gewichtungsanteil sortiert und aufsummiert

Gegenüberstellung der Gewichtungsanteile Wärmebrückenverluste und –längen nach Teilloptimierung

Im Diagramm 3.8.2.2-5 werden, wie im Diagramm 3.8.2.2-3, die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp nach der Teilloptimierung mit den jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

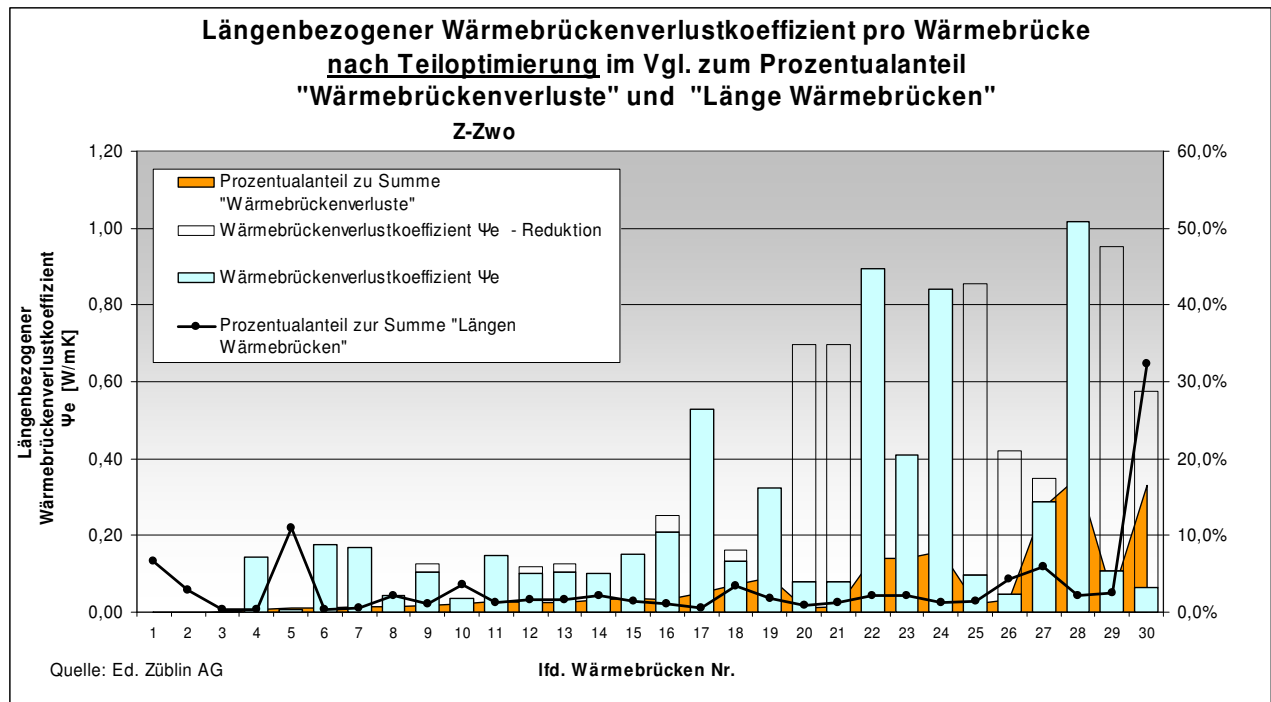


Diagramm 3.8.2.2-5: Gegenüberstellung der Gewichtsanteile teilloptimierter Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

### 3.8.3.3 Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen

Die Auswertung der Wärmebildaufnahmen für das Z-Zwo Gebäude ergab folgende Erkenntnis:

*Dach:*

Das Dach lässt keine ungewöhnlichen Wärmeverluste über Wärmebrücken erkennen. Sowohl Attika als auch Dachfläche (mit extensiver Begrünung) weisen eine gleichmäßig niedrige Wärmeabgabe vor.

*Innenaufnahmen:*

An einigen Fenstern wurden erhebliche Wärmeverluste durch Undichtigkeiten festgestellt, weil verzogene Fensterrahmen ungewollte Lüftungswärmeverluste verursachen.

An Massivwänden sind keine ungewöhnlichen Wärmeverluste über Wärmebrücken zu erkennen.

*Keller/Tiefgarage:*

Ungedämmte Kellerwände als Abgrenzung von warmen Bereichen zu unbeheizten Zonen (Tiefgarage) weisen höhere Wärmeverluste auf. (siehe Anlage 3)



An Stützen und Unterzügen wurde nicht konsequent der Wärmedämmstreifen von 1m unterhalb des Deckenanschlusses eingebaut. Das Abklingverhalten der gespeicherten Wärme in den Bauteilen (Wärmespeicherkapazität) macht den Energieverlust deutlich.

*Außenaufnahmen:*

Die Fassade lässt keine ungewöhnlichen Wärmeverluste über Wärmebrücken erkennen.

### **3.8.3.4 Fazit**

Bei der Erstellung des Z-Zwo Gebäudes wurden keine speziellen Anforderungen an Wärmebrücken laut [EnEV 2002 -2007] gestellt, da das Gebäude noch der [WSchVO `95] unterlag.

Für den Gebäudevergleich des Forschungsvorhabens „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ wurde die Berechnung nach [EnEV 2007] nochmals berechnet und der Pauschal-Wert für Wärmebrückenverluste von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  angesetzt.

Die rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlages für das Z-Zwo ergab einen  $\Delta U_{WB} = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Verbesserungsmaßnahmen, wie unter Punkt 3.8.3.2 beschrieben, hätten den Wärmebrückenzuschlag von vormals  $\Delta U_{WB} = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf  $\Delta U_{WB} = 0,052 \text{ W/m}^2\text{K}$  beispielsweise reduzieren können, wenn in der Ausführungsplanung dabei die Fensteranschlüsse so abgeändert worden wären, dass sie den Planungsbeispielen nach DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] entsprochen hätten.

Die Optimierung weiterer - auch bei Nichtwohngebäuden mit Metallfassade - Wärmebrückenausbildungen (Bsp. Glasgländeranschluss Balkon ohne thermische Trennung der Unterkonstruktion zur Decke) würde den Wärmebrückenzuschlag unter  $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  bringen.

Weitere vermeidbare Energieverluste wurden durch Aufnahmen mittels der Wärmebildkamera deutlich.

- Ungedämmte Betonwände, die warme Zonen (Treppenhaus, Kellerräume) von unbeheizten Zonen (Tiefgarage) abgrenzen
- ungedämmte Stützen und Unterzüge in der Tiefgarage
- Lüftungswärmeverluste durch undichte Fensterprofile

|                                      |                                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| <p>Thermogramm Tiefgaragenwand</p>   | <p>Echtbild Tiefgaragenwand</p>   |
|                                      |                                   |
| <p>Thermogramm Stütze Tiefgarage</p> | <p>Echtbild Stütze Tiefgarage</p> |
|                                      |                                   |
| <p>Thermogramm Fensterprofil</p>     | <p>Echtbild Fensterprofil</p>     |
|                                      |                                   |

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.8.4 DVA**

#### **3.8.4.1 Planunterlagen**

Beim vorliegenden Projekt handelt es sich um das Bürogebäude DVA in Stuttgart. Sanierungsfertigstellung war im Jahr 2006 und repräsentiert den Gebäudetyp Umbau.

Als Berechnungsgrundlagen dienen Details von Architekt und Nachunternehmern (Fenster- und Fassadenfachfirmen) als CAD-Zeichnung.

Aus dem Bauteilkatalog der EnEV Berechnung wurden die erforderlichen Materialkenndaten und Dicke der verwendeten Baustoffe entnommen.

#### Qualität der Planungsunterlagen

Die Werkspläne liegen im PLT Format vor. Über mehrere Zwischenschritte wurden die Plot Dateien in DXF Dateien umgewandelt, da das Zeichenmodul des Rechenprogramms Flixo nur Dateien im DXF – Format importiert.

#### Flächenbezogene Außenhülle

Als Bezugsgröße der Wärme abgebenden Hüllfläche wurde die Gesamtfläche von Dach, Fassade (Fenster + Wand), sowie Boden gegen Erdreich/unbeheizter Räume angesetzt, entsprechend der beheizten Gebäudehülle A laut [EnEV 2007].

#### Tages- und Wetteraussagen der Messung

Die Wärmebildaufnahmen wurden am 15.01.2009 in den frühen Morgenstunden durchgeführt.

Die vorherrschenden Witterungsbedingungen zur Messung sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Die wichtigsten Parameter (Datum, Uhrzeit und Emissions-Wert) sind den jeweiligen Thermografie-Bildern im Bericht (Anlage 3) zu entnehmen.

Diagramm 3.8.2.2-1 stellt grafisch den Verlauf von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit innerhalb eines Zeitraumes von 10 Tage vor bis 3 Tage nach der Thermografie-Messung dar. Die fett markierten Linien im Diagramm grenzen die Wetterparameter zum Zeitpunkt der Messung ein.

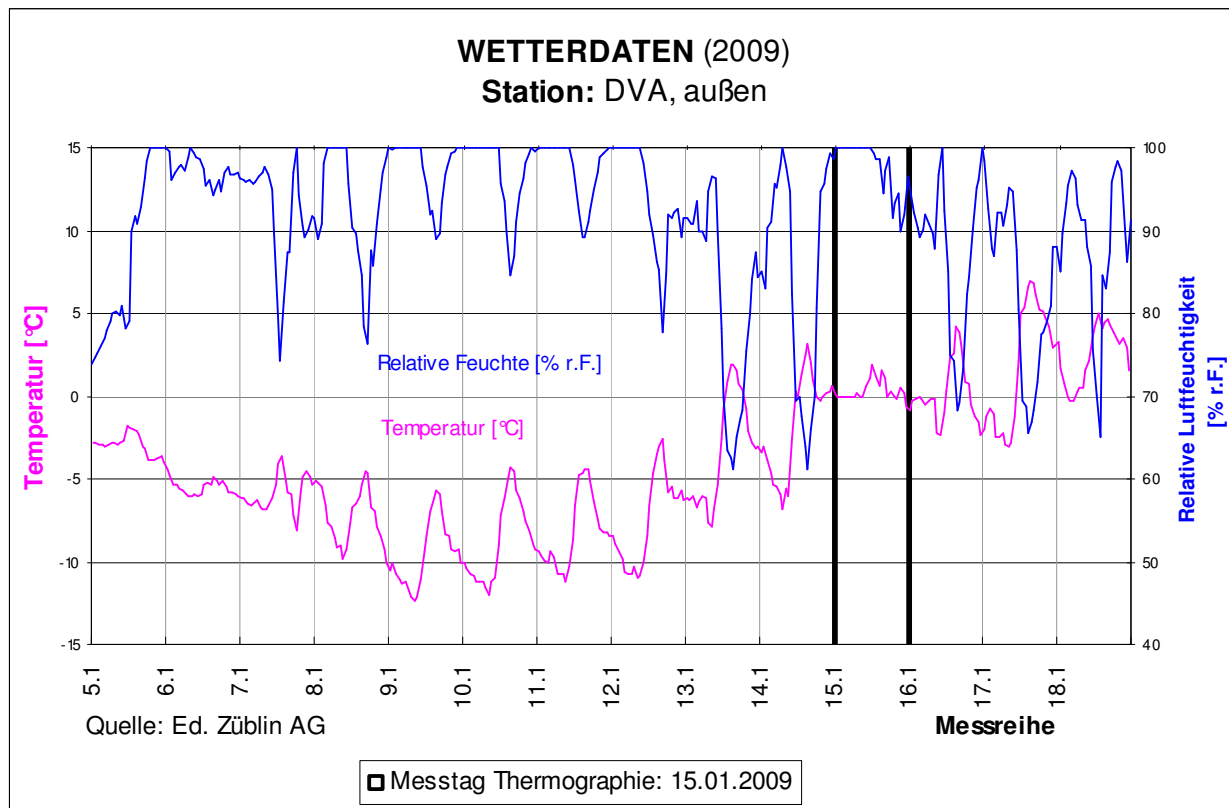


Diagramm 3.8.2.2-1: Wetterdaten vor und nach der Thermografischen Messung des Gebäudes

### 3.8.4.2 Ergebnisse und Auswertungen – Wärmebrückenberechnungen

#### Rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlags

Wie unter Punkt 3.8.1.2 bereits beschrieben, werden mit Hilfe eines Simulationsprogramms Wärmeströme der einzelnen Wärmebrücken berechnet um daraus den Wärmebrückenverlustkoeffizienten zu ermitteln. Durch Multiplikation mit der Länge und dem dazugehörigen Temperaturkoeffizienten (gemäß [EnEV 2007]) für Dach, Außenwand, Fenster und Boden erhält man den Wärmeverlust dieser Wärmebrücke auf das Projekt bezogen.

Geometrie/Konstruktion des Anschlusses ergibt sich aus den eingelesenen DXF Dateien. Die jeweiligen Längen der Wärmebrücken sind aus den Plänen ermittelt.

Die Leitwerte und Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  wurden manuell ermittelt, welche jedes Isothermenbild beinhaltet (siehe Anlage 1 und 2).

Unter Berücksichtigung der 46 untersuchten Wärmebrücken und der angesetzten beheizten Gebäudehülle A von ca. 6.500 qm beträgt der rechnerisch ermittelte Wärmebrückenzuschlag für das Projekt:

$$\Delta U_{WB} = 0,128 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}).$$

### Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste

Das Diagramm 3.8.2.2-2 stellt den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2 dar, sortiert nach Ihrem Gewichtungsanteil und aufsummiert, um auf den absoluten Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,128 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  zu gelangen.

Die Darstellung des Kurvenverlaufs ermöglicht die erste Vorauswahl, welche Wärmebrücken dazu führen, dass der normativ, angesetzte, pauschale Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  lt. EnEV2007 Berechnung um 28 % überschritten wird.

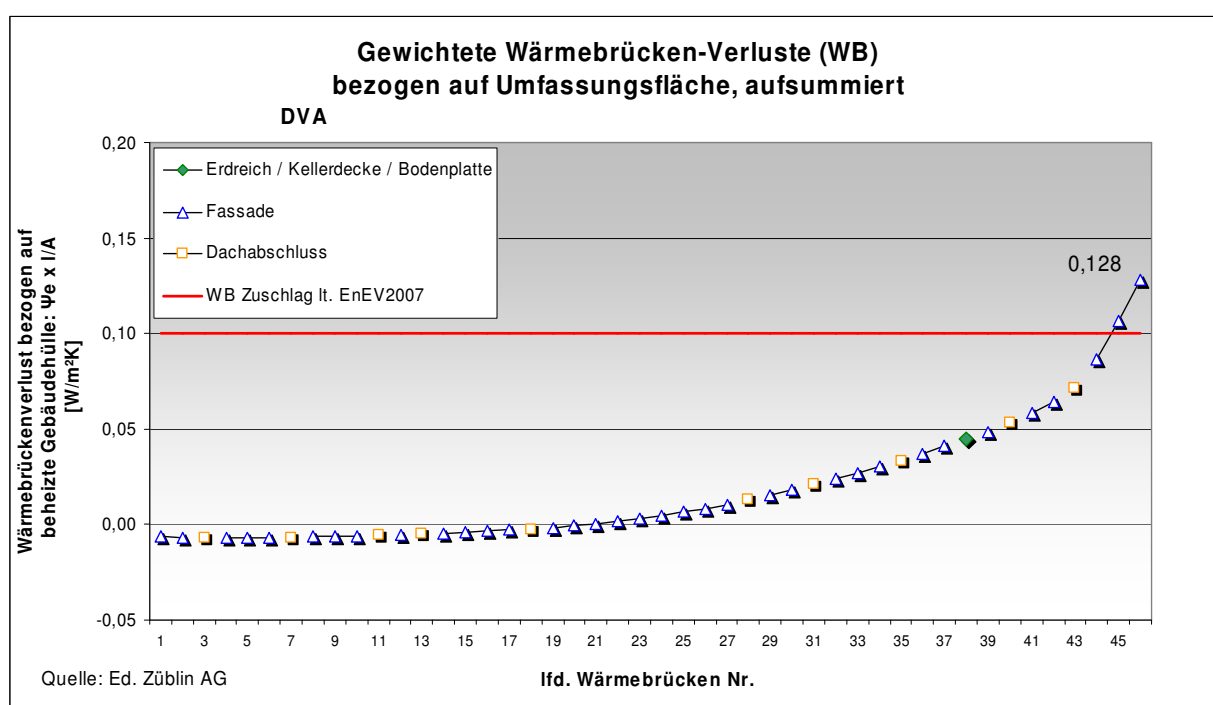


Diagramm 3.8.2.2-2: Wärmebrückenverluste nach Gewichtungsanteil sortiert und aufsummiert

Der Kurvenverlauf zeigt, dass die Wärmebrücke Nr. 46 (Fenster-Außenwand-Leibung 1.-3. OG) den maßgeblichsten Anteil an der Überschreitung des normativ angesetzten Wärmebrückenzuschlags hat.

Für die Feststellung der Ursachen des hohen Wärmebrückenverlustes werden im nachfolgenden Diagramm 3.8.2.2-3 sämtliche Wärmebrücken in ihrem Gewichtsanteil zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und „Summe Wärmebrückenlängen“ gegenübergestellt.

### Gegenüberstellung der Gewichtsanteile Wärmebrückenverluste und -längen

Im Diagramm 3.8.2.2.-3 werden die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp mit den jeweiligen prozentualen Gewichtsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

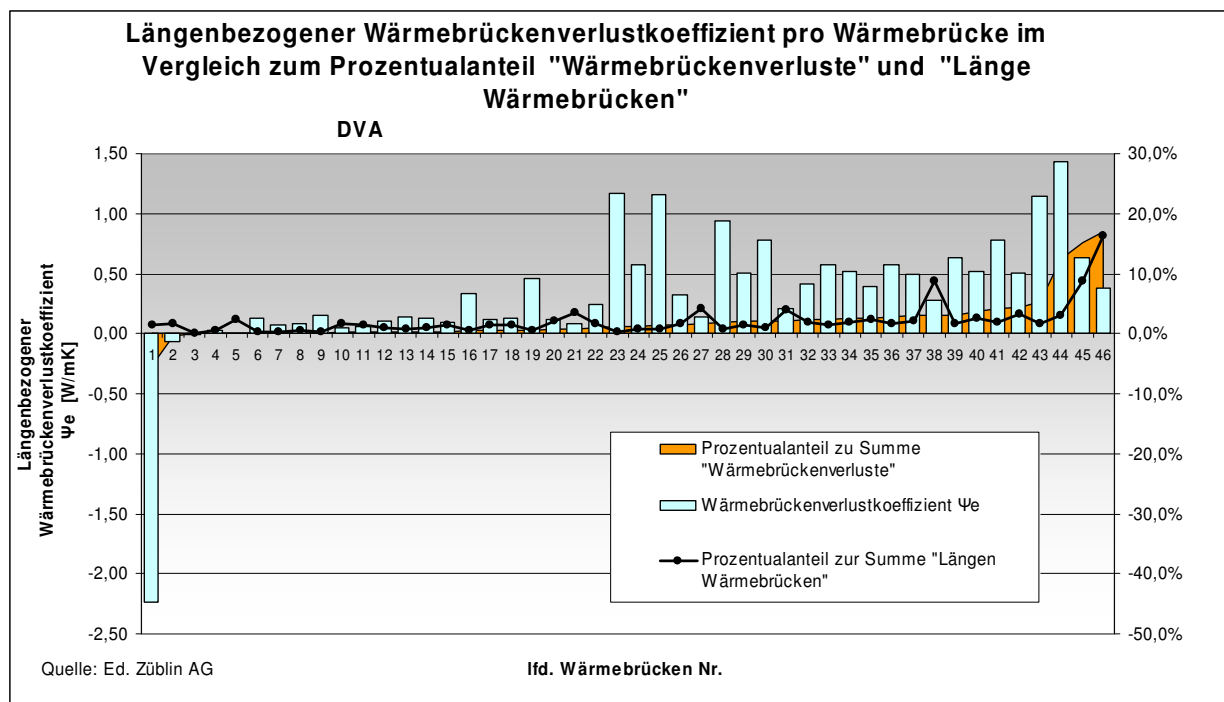


Diagramm 3.8.2.2.-3: Gegenüberstellung der Gewichtsanteile Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

Der Vergleich der längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp zeigt, dass die Wärmebrückenqualität Nr. 46 nicht die wesentlichste Ursache für die Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 28 % sein kann, da die Wärmebrücken Nr. 23/25, 28/30 und 41/43/44 einen bis zu 73% höheren Wärmebrückenverlust pro m aufweisen als die Wärmebrücke Nr. 46.

Die Ursache für o.g. Überschreitung des pauschalen Wärmebrückenzuschlags um 28 % liegt im wesentlichen am hohen Gewichtsanteil von 16,2 % der Wärmebrücke Nr. 46 (Fenster-Außenwand-Leibung 1.-3. OG) zur Summe „Länge Wärmebrücken“.

### Beschreibung der Schwachstellen / Vergleich Isothermen

Laut Auswertung des Diagramms 3.8.2.2.-3 unter Punkt 3.8.4.2 befinden sich die größten gebäudespezifischen Wärmebrückenverluste des DVA-Gebäudes bei den Fensteranschlüssen.

Die Ursachen und gleichzeitigen Verbesserungspotentiale werden am Beispiel der Wärmebrücke mit der laufenden Nr. 45 (Außenwand-Geschossdeckeneinbindung 1.-2. OG) gezeigt

Der errechnete Wärmebrückenverlustkoeffizient für dieses Detail liegt bei  $\Psi_e = 0,630 \text{ W/mK}$ . (siehe Anlage 2).

Die Ursache für den hohen Wärmebrückenverlustkoeffizient liegt:

- an der Einbausituation, die von den Planungsbeispielen der [DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] abweicht, da die außen liegende Wärmedämmung nicht über die Fensterrahmen überlappend eingebaut wurde
- an der Dämmstärkenreduzierung im Bereich des Sonnenschutzkastens
- an dem thermisch nicht entkoppelten Einbau des Stahlwinkels, der zur Aufnahme des Sonnenschutzkastens dient.

In Bezug auf den Wärmeverlust stellt dies eine enorme Schwachstelle dar.

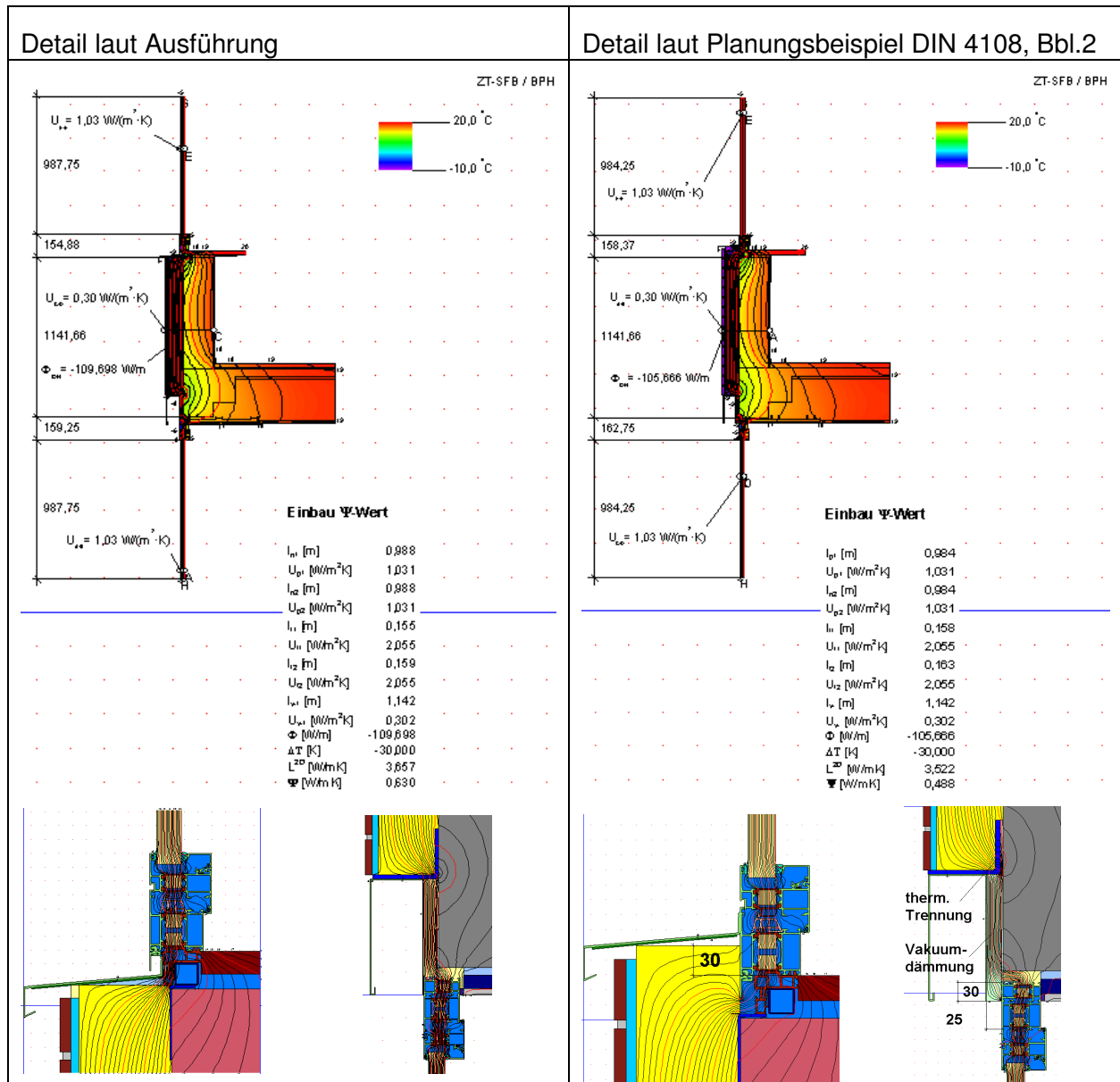


Abbildung 3.8.2.2.-5: Wärmebrückenberechnung Brüstungsanschluss Fassade

Eine erneute Berechnung unter Einhaltung der Planungsbeispiele von [DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] (Außenkante Fensterprofil bündig mit Innenkante Wärmedämmung, Überdeckung der Wärmedämmung von 3cm über dem Fensterprofil, Verwendung einer Vakuumdämmung hinter dem Rollladenkasten, sowie einer thermischen Trennung der Rollladenkastenbefestigung an der Außenwand) ergibt eine deutliche Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten von  $\Psi_e = 0,630 \text{ W/mK}$  auf  $\Psi_e = 0,488 \text{ W/mK}$ , wie Abbildung 3.8.2.2.-5 verdeutlicht. (siehe auch Anlage 3, Bild 68)



Dadurch verbessert sich für dieses Anschlussdetail der Wärmebrückenverlustkoeffizient um 22,5%.

Folgende Änderungen führen bei der Wärmebrücke mit der Position 21-6 (Fenster-Außenwand-Leibung 1.-3. OG) zu einer Verbesserung des Wärmebrückenverlustkoeffizienten um 32,7%, wie Abbildung 2C.3.6.2.0. -6 darstellt.

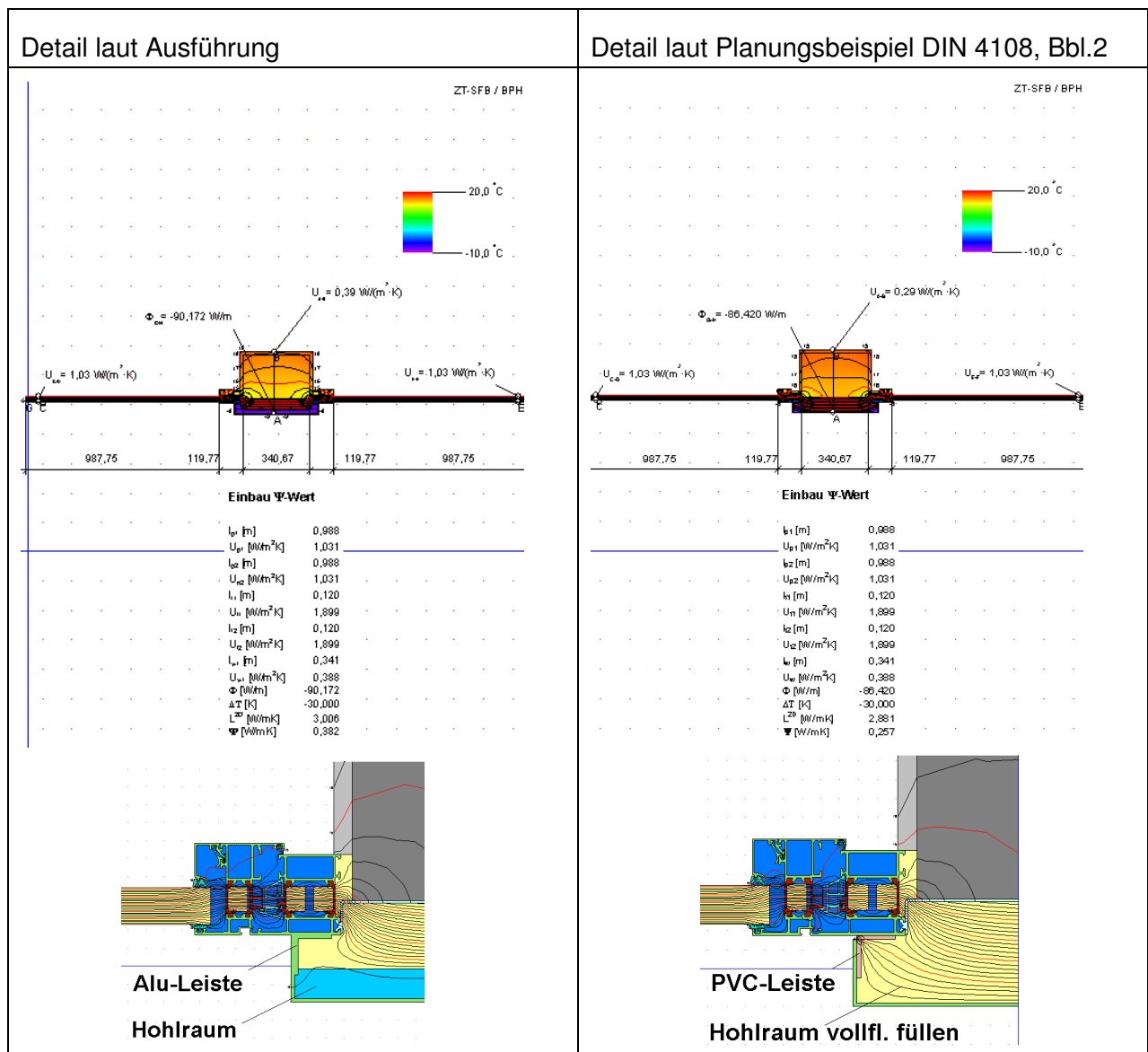


Abbildung: 3.8.2.2.-6: Wärmebrückenberechnung Sturzanschluss

- Erhöhung der Dämmstärke innerhalb der Stützenverkleidung. (Den Hohlraum vollflächig mit Wärmedämmung ausfüllen).
- Austausch des Aluminium-Befestigungswinkels durch einen PVC-Winkel

Aufgrund der großen Anzahl dieser Wärmebrücken (Fensteranschlüsse) und deren Wärmeverlustpotential bedarf es hier zukünftig in der Planung einer höheren Priorität.

Daraus wird auch ersichtlich, wie empfindlich und unterschiedlich die Ermittlung von Wärmebrückenverlustkoeffizienten in Bezug auf die Konstruktion der Wärmebrücken sind.

Gewichtungsanteil der einzelnen Wärmebrückenverluste nach Teiloptimierung

Das Diagramm 3.8.2.2.-4 stellt, wie Diagramm 3.8.2.2.-2, den Kurvenverlauf der ermittelten Wärmebrückenverluste, laut Anlage 2, dar, mit dem Unterschied, dass wenige entscheidende Wärmebrückendetails so abgeändert wurden, um den Planungsbeispielen der [DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] zu genügen. (siehe Abbildungen 3.8.2.2.-5 und 3.8.2.2.-6).

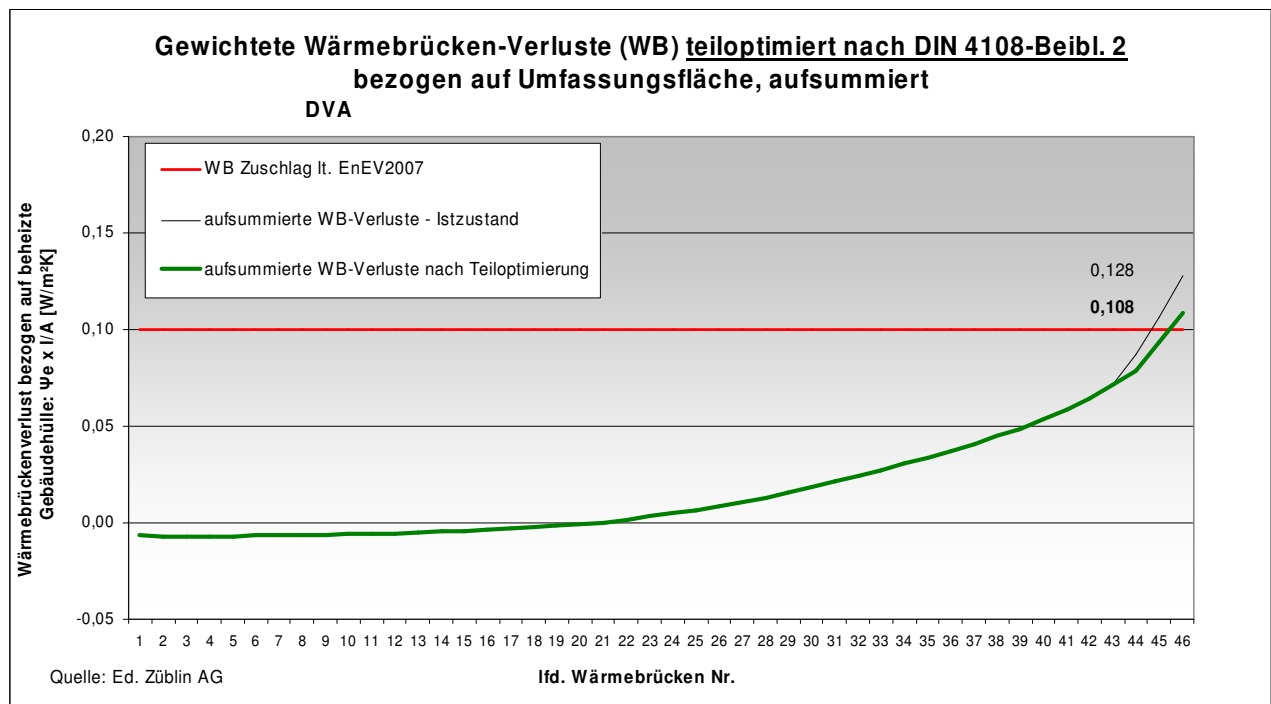


Diagramm 3.8.2.2-4: Gewichtete Wärmebrückenverluste, teilloptimiert nach DIN 4108, Bbl. 2, nach Gewichtsanteil sortiert und aufsummiert

### Gegenüberstellung der Gewichtsanteile Wärmebrückenverluste und -längen nach Teiloptimierung

Im Diagramm 3.8.2.2.-5 werden, wie im Diagramm 3.8.2.2.-3, die längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp nach der Teiloptimierung mit den jeweiligen prozentualen Gewichtsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.

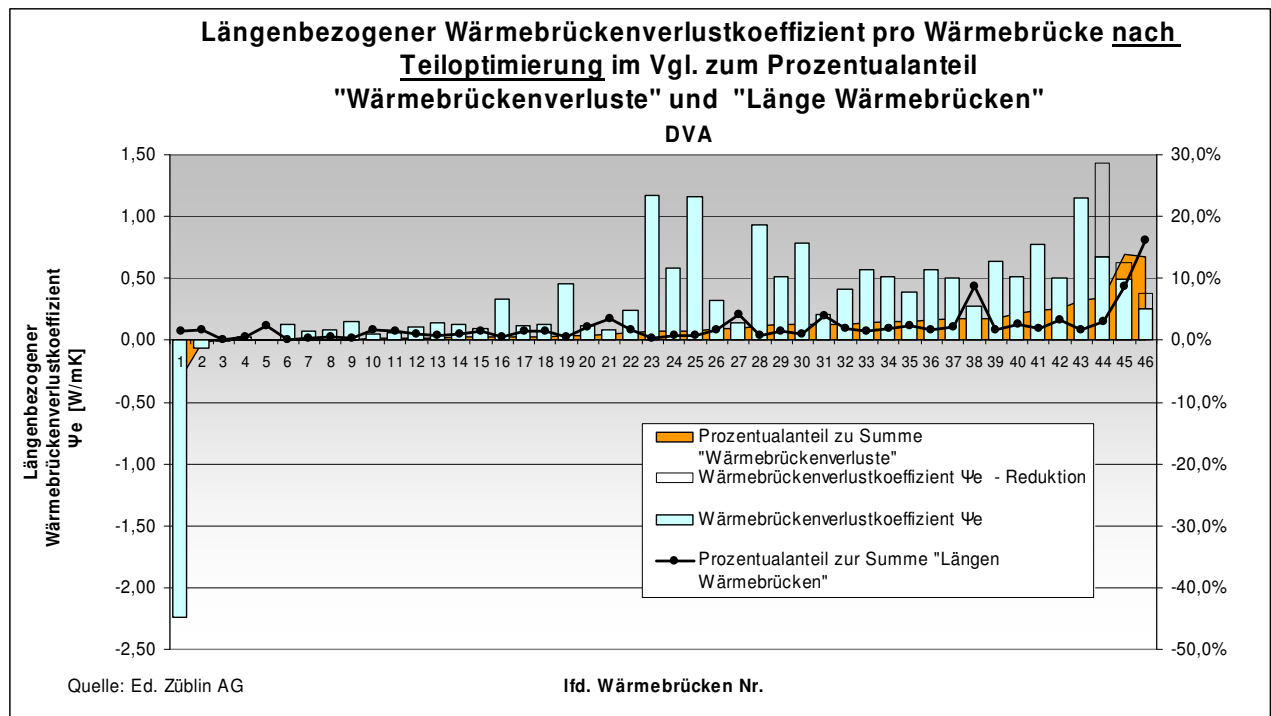


Diagramm 3.8.2.2-5: Gegenüberstellung der Gewichtsanteile teilloptimierter Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen

### 3.8.4.3 Ergebnisse und Auswertungen - Wärmebildaufnahmen

Die Auswertung der Wärmebildaufnahmen für das DVA Gebäude ergab folgende Erkenntnis:

*Dach:*

Vom Dach existieren keine Wärmebildaufnahmen.

*Innenaufnahmen:*

- Lüftungswärmeverluste bei Klappfenstern in den Glasbausteinen der Treppenhäuser mit der Gefahr der Kondensatbildung (siehe Anlage 3, Bild 07)
- Lüftungswärmeverluste an Eingangstüren, Rampe, mit der Gefahr der Kondensatbildung. (siehe Anlage 3, Bild 11)

- Deutliche Wärmebrückenwirkung der erdberührten Außenwände in den Untergeschossen (Stahlbeton-Skelettbau mit Mauerwerksausfachung). Unter Normklimaverhältnissen Gefahr von Schimmelbildung (siehe Anlage 3, Bild 34)
- Schimmelgefahr an Fenstersturz im 1.UG (Hofseite) durch ungedämmte Außenwände (siehe Anlage 3, Bild 37)

*Außenaufnahmen:*

- erhöhte Wärmeverluste an Sonnenschutzblende (Fassade Straßenseite) durch Dämmdickenreduzierung (siehe Anlage 3, Bild 68)
- erhöhte Wärmeverluste über thermisch ungetrennte Stahlbetonstützen (siehe Anlage 3, Bild 69) und Stahlträger vom Vordach (siehe Anlage 3, Bild 87)
- gravierende Wärmeverluste über ungedämmte unterkellerte nicht überbaute Bereiche in der Hofeinfahrt. (siehe Anlage 3, Bild 76)
- erhöhte Wärmeverluste im 3./4. OG Anschluss zum Nachbargebäude, Hofseite (siehe Anlage 3, Bild 90) infolge Ausführungsmängel
- erhöhte Wärmeverluste infolge fehlender Wärmedämmung der UG - Wände, Hofseite, (siehe Anlage 3, Bild 11)

#### **3.8.4.4 Fazit**

Die Sanierung des DVA Gebäudes erfolgte nach dem Bauteilverfahren (bauteilbezogene U-Wert Anforderung) der [EnEV 2004]. Aus diesem Grund wurde kein spezifischer Wärmebrückenverlust berücksichtigt, da die Definition eines Wärmebrückenzuschlags nur bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs erforderlich ist.

Für den Gebäudevergleich des Forschungsvorhabens „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ wurde ein Nachweis nach [EnEV 2007] berechnet. Hierfür wurde der pauschale Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,10 \text{ W/m}^2$  angesetzt., da die Sanierung innerhalb der letzten 3 Jahre erfolgte und auf die Fassade ein Wärmedämmverbundsystem fixiert wurde.

Die rechnerische Ermittlung des Wärmebrückenzuschlages für das DVA Gebäude ergab jedoch einen  $\Delta U_{WB} = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Der erhöhte Wärmebrückenzuschlag hätte vermieden werden können, wenn die Wärmebrückenausbildungen in Anlehnung der [DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03] ausgeführt worden wäre.

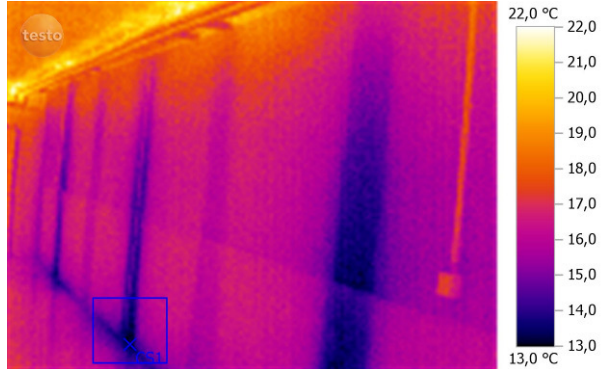

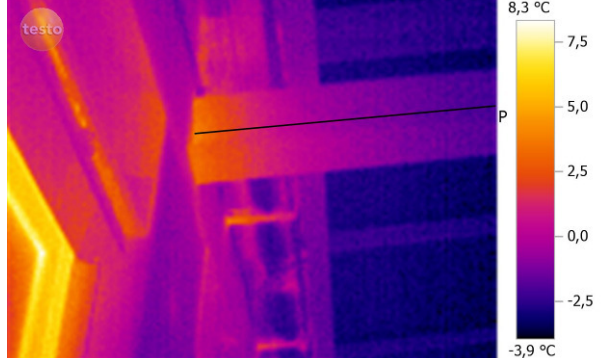

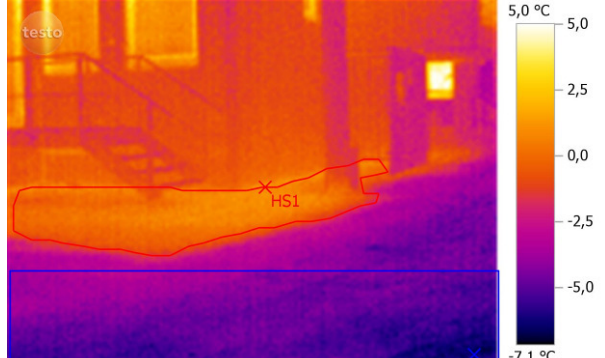

Verbesserungsmaßnahmen, wie unter Punkt 3.8.4.2. beschrieben, hätten z.B. den Wärmebrückenzuschlag von vormals  $\Delta U_{WB} = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf  $\Delta U_{WB} = 0,108 \text{ W/m}^2\text{K}$  reduzieren können, wenn in der Ausführungsplanung dabei die Fensteranschlüsse so

abgeändert worden wären, dass sie den Planungsbeispielen nach DIN 4108, Beiblatt 2 entsprochen hätten.

Die Optimierung weiterer Wärmebrückenausbildungen würde den Wärmebrückenzuschlag weit unter  $\Delta U_{WB} = 0,05$  bis  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  bringen.

Weitere vermeidbare Energieverluste wurden durch Aufnahmen mittels der Wärmebildkamera deutlich. (siehe Anlage 3).

- Ungedämmte erdberührte Kellerwände
- thermisch nicht getrennte Stützen und Träger
- Wärmeverluste durch ungedämmte unterkellerte Bereiche

|   |  |
|---|--|
| <p>Thermogramm Kellerwand</p>   | <p>Echtbild Kellerwand</p>   |
|    |    |
| <p>Thermogramm Stahlträger</p>  | <p>Echtbild Stahlträger</p>  |
|   |   |
| <p>Thermogramm unged./unterkellerte Bereiche</p>                                    | <p>Echtbild unged./unterkellerte Bereiche</p>  |
|  |  |

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.9 Bauphysikalische Qualitäten – Schallschutz und Raumakustik**

#### **3.9.1 Allgemeine Grundlagen**

##### Einleitung

Der Schallschutz wird bei der Ressourceneffizienz eines Gebäudes zweitrangig behandelt, obwohl der Schallschutz Auswirkungen auf die Behaglichkeit, die technische Qualität und somit Wertstabilität des Gebäudes hat [Brigitte Schulte-Fortkamp: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden; Bauphysikkalender 2009; A1].

Aus diesem Grund wurden bereits im Zuge der Nutzerbefragungen im Kapitel zur Behaglichkeit in diesem Forschungsvorhaben zusätzliche Fragen zum Schallschutz an die Nutzer gestellt.

Einen weiteren Stellenwert zur technischen Qualität widerfährt der Schallschutz in den Steckbriefen 21 und 34 der Zertifizierung der DGNB [DGNB, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen; 2008V].

Im Gegensatz zum Energieverbrauch, Energiebedarf oder der Ökobilanzierung eines Gebäudes können für den Schallschutz mit seinen bauteilbezogenen Schallschutzkennwerten keine Absolutwerte und damit beliebige Bezugskennwerte gebildet werden, z.B. kWh/cbm des Gebäudes.

Aus diesem Grund muss eine gebäudespezifische Bewertungsmatrix gefunden werden, mit der die einzelnen Schallschutzwerte des Gebäudes abgeleitet und bewertet werden können und gleichzeitig die Gebäude miteinander vergleichbar werden.

##### Ziele

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der akustische Istzustand dokumentiert sowie eine Bewertungsmatrix definiert und festgelegt werden, damit die bauteilbezogenen Schallschutzkennwerte aller sechs Forschungsvorhaben miteinander vergleichbar werden.

Zusätzlich wurde EGS-Plan beauftragt in ausgewählten Räumen die Innenpegel bei verschiedenen Ausgangssituationen (z.B. geschlossene/gekippte Fensterelemente, Geräte an/aus, Nachbarschaftslärm) sowie Nachhallzeiten zu messen, um die Lärmeinwirkungen auf die Nutzer innerhalb der Büros feststellen und bewerten zu können (s. Anlage 1). Auf Schallschutzmessungen der Baukonstruktion wurde bewusst verzichtet, da bereits Schallschutzmessungen in Teilbereichen vorlagen.



### 3.9.2 Züblin-Haus

#### 3.9.2.1 Istzustand der schallschutztechnischen Qualität

##### Projektspezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 1985 grenzt im Norden an eine verkehrsreiche Straße und liegt im Vergleich zum östlich gelegenen Z-Zwo Gebäude zusätzlich an der verkehrsreichen Nord-Südstraße. In der nachfolgenden Abbildung 3.9.2.1.-1 ist die Lage des Gebäudes an der Vaihinger Straße im Norden dargestellt.

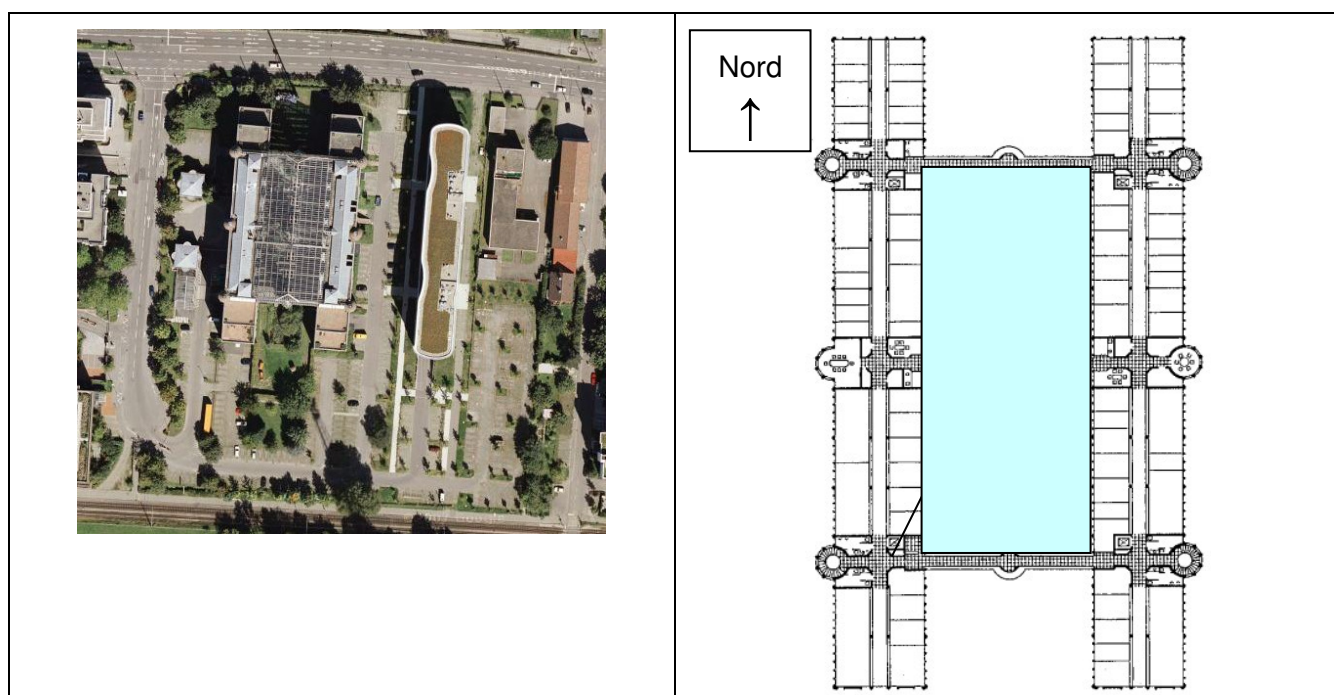


Abbildung 3.9.2.1.- 1: Lageplan des Züblinhauses mit Anbindung an die Vaihinger Straße im Norden sowie dem Albstadtweg

In der Planungsphase führte Prof. Dr.-Ing. Karl Gösele Verkehrslärmmessungen durch, um Bewertungen für die Schalldämmwerte der Fensterelemente vornehmen zu können. [K.Gösele: Beurteilung der Störung durch die Verkehrsrgeräusche für das geplante Bürogebäude der Firma Ed. Züblin AG; 1982-12-27]. Basierend auf diesen Messergebnissen wurden die Mittelungspegel im Raum bei unterschiedlichen Situationen (geschlossenes und gekipptes Fenster sowie Fenster mit Lüftungsschiene) prognostiziert. Siehe hierzu die Abbildung 3.9.2.1.- 2. Dasselbe gilt für die zum Innenhof liegenden Büroräume, die durch die Glashalle vom Außenlärm abgeschottet sind. Hier war der Umkehrschluss, dass die Glashalle, welches zur damaligen Zeit eine Neuheit war, aufgrund des fehlenden Hintergrundgeräusches zu „tod“ erscheint. Aus diesem Grund wurde ein Bach in der Glashalle integriert, um natürliche Hintergrundgeräusche in der Halle zu erzeugen.



Die heute immer wiederkehrende Problematik der Lüftungssituation von Büroräumen, die direkt an einer verkehrsreichen Straße liegen, wurde bereits von Prof. Dr.-Ing. Karl Gösele in der Ausführungsplanung bedacht: „Von Bedeutung ist das Problem der Lüftung für die am Kopf des Gebäudes befindlichen Räume, die an dem offenen U zur Straße liegen. Dort wird empfohlen, zu prüfen, ob nicht eine gewisse Dauerlüftung vorgesehen werden kann, die schalltechnisch nicht störend und noch wirtschaftlich vertretbar ist [K.Gösele: Beurteilung der Störung durch die Verkehrsgeräusche für das geplante Bürogebäude der Firma Ed. Züblin AG; 1982-12-27].

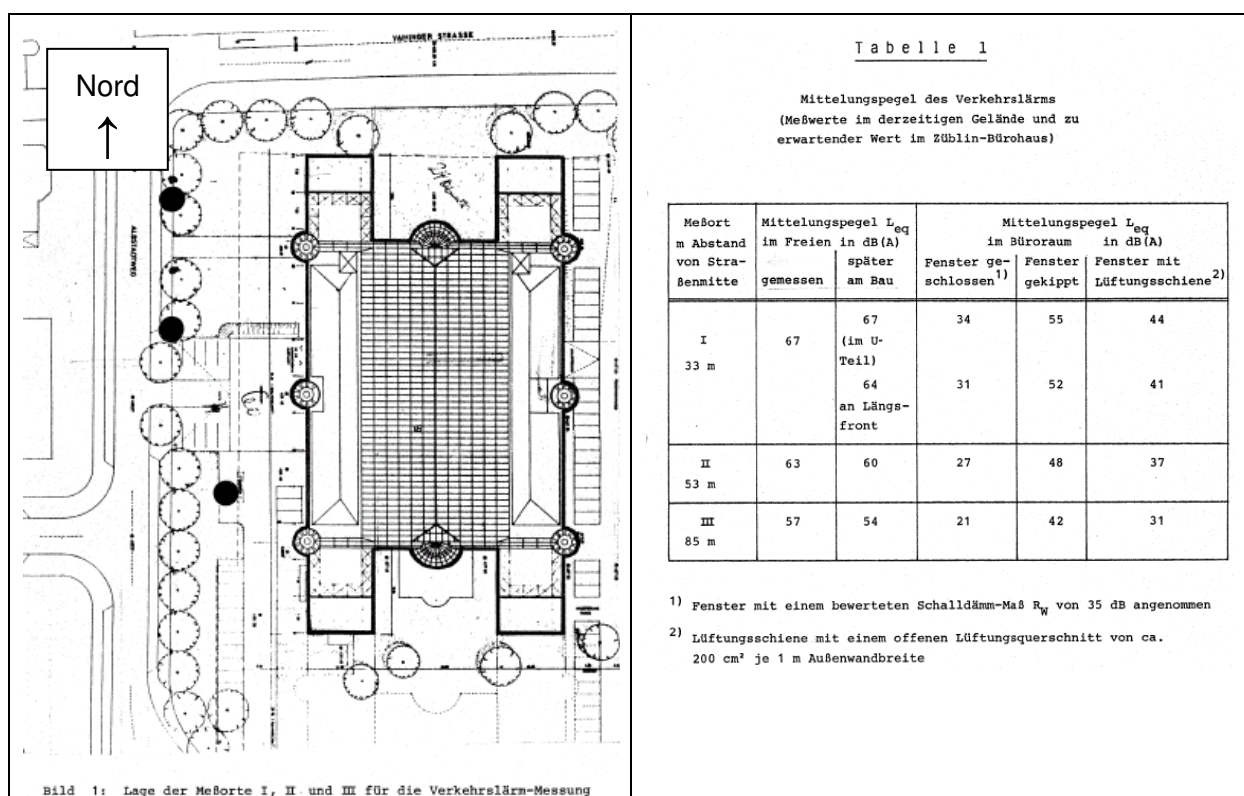


Abbildung 3.9.2.1.- 2: Lage der Messorte sowie Auswirkungen auf Mittelungspegel im Raum bei unterschiedlichen Situationen

[Karl Gösele: Beurteilung der Störung durch die Verkehrsgeräusche für das geplante Bürogebäude der Firma Ed. Züblin AG; 1982-12-27, Bild 1 und Tabelle 1].

Lt. Unterlagen wurden für die Fensterelemente an den beiden Nordkuppen (Achse 13), inkl. den außen liegenden Fensterelementen bis Achse 11, Fenster der Schallschutzklasse III unten, analog dem damaligen Entwurf nach VDI 2719 [Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen; 1987-08] definiert; ab Achse 11 bis zu den Südkuppen wurden Fensterelemente der SSK II eingebaut [Aktennotiz: Ed. Züblin AG: A3.2 Nachweis des Schallschutzes; 20.07.1984]. Im Vorstandsbereich (6. OG, Ostflügel) wurden Fenster der SSK IV vorgesehen.

Auf die oben erwähnte Möglichkeit einer dauerhaften Lüftungsmöglichkeit der im Norden liegenden Büroeinheiten wurde verzichtet.

In der heutigen Raumnutzung sind in der Regel Einzelbüros oder Zweipersonenbüros vorgesehen.

Die 16 cm dicken Rohbetondecken sind mit einem Verbundestrich und einem Teppichbodenbelag belegt. Die Kabeltrassen werden in einem Brüstungskanal von Raum zu Raum geführt.

Die Bürotrennung erfolgt i.d.R. über einfachbeplante Gipskartonständerwand. Bei heutigen Umbaumaßnahmen werden die Gipskartonständerwände doppelbeplankt ausgeführt.

Die raumakustische Behaglichkeit wurde in der Ausführungsphase mehrfach behandelt. Schlussendlich beschränkt sich die raumakustische Behaglichkeit auf den Kantinenbereich und auf das große Besprechungszimmer im Vorstandsbereich (6. OG).

Auf raumakustische Maßnahmen im Konferenzraum und in den runden Besprechungsräumen (Fokussierung!) wurde verzichtet. Beim Konferenzraum sollte eine raumakustische Behaglichkeit allein durch die dort anwesenden Personen oder Stuhlpolsterung erreicht werden.

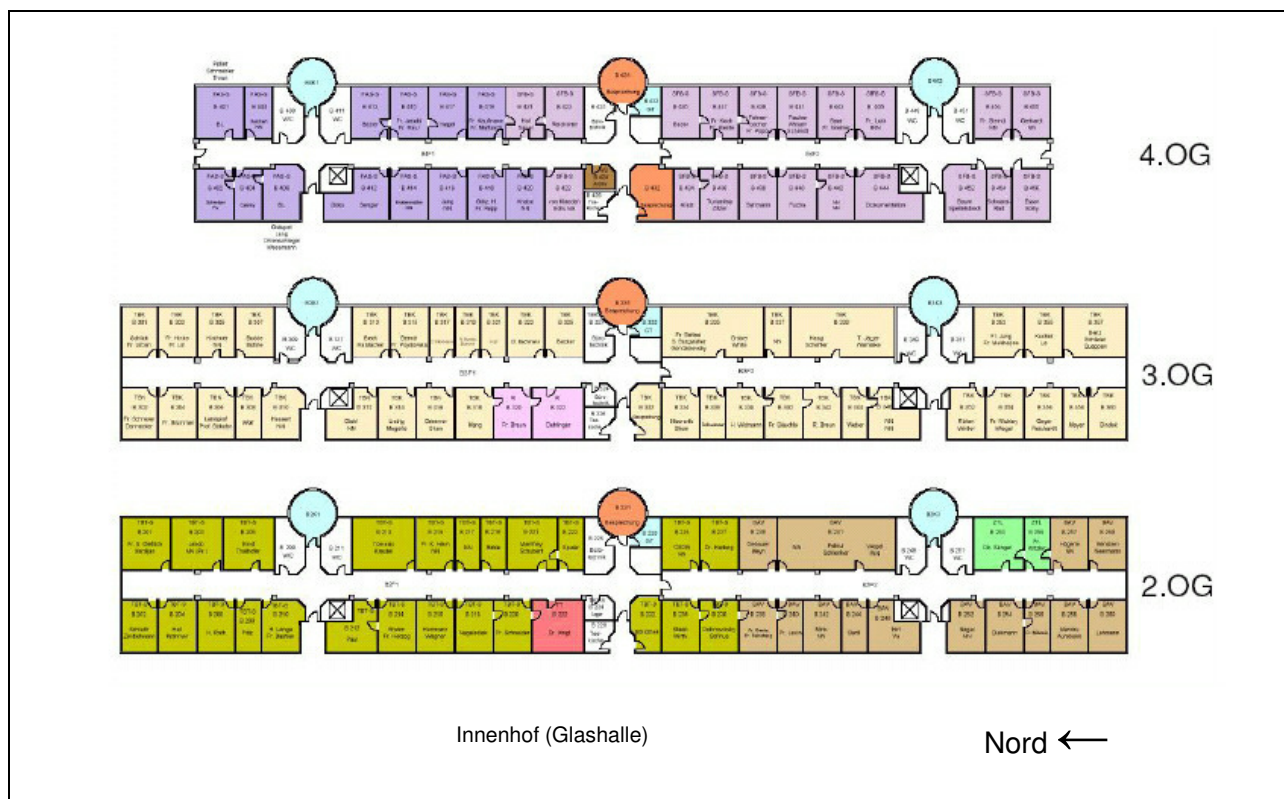


Abbildung 3.9.2.1.- 3: Standardgrundrisse 2.-4. OG im B-Block (Ostflügel) des Züblinhauses

### Vergleich der Schallschutzwerte ist/soll

In Anlage 2 werden sämtliche vorliegende Schallschutzmaßnahmen im Gebäude mit den Anforderungs-Schalldämmwerten aus Normen und Regelwerken verglichen.

Die Ist-Werte wurden soweit wie möglich aus den vorhandenen Bestandsunterlagen entnommen. Lagen keine Schallschutzkennwerte vor, so wurden die Kennwerte durch einen entsprechenden rechnerischen Nachweis von Ed. Züblin AG ergänzt.

Der Vergleich zeigt, dass das Bestandsgebäude aus dem Jahr 1985 nicht mehr alle Anforderungen aus der aktuellen DIN 4109 einhalten kann. Dies betrifft insbesondere den Fall, wenn das Verwaltungsgebäude nicht nur von einem Mieter, sondern von mehreren fremden Miteinheiten genutzt werden würde. Die Anforderungen an den Außenlärm werden teilweise auch nicht eingehalten.

Für die Büroräume wurden in den Deckenbereichen keine raumakustische Maßnahmen vorgesehen.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden von EGS-Plan (siehe Anlage 1) in diesen Räumen Nachhallzeiten gemessen und diese mit dem Anforderungsprofil nach DIN 18041 [Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004-05] verglichen. Die Messreihen zeigen, dass die Nachhallzeiten in den kleinen Büroräumen im möblierten Zustand unter 0,6 s liegen.

Im großen Konferenzraum im EG werden die erforderlichen Nachhallzeiten nur bei Vollbelegung erreicht.

Die baurechtlichen Anforderungen gegen den heutigen Außenlärm werden mit geschlossenen Fenstern nach DIN 4109 nur im südlichen Bereich (ab Achse 11), im Innenhof und im Vorstandsbereich erfüllt. Eine Schallimmissionsberechnung konnte in den 80er Jahren nicht erstellt werden.

Dennoch kann über die damaligen durchgeführten Verkehrslärmmessungen festgehalten werden, dass bereits in den 80er Jahren von einem hohen Beurteilungspegels vor den Nordfassaden von  $L_r \geq 60$  dB (A) am Tage ausgegangen und über Lüftungseinrichtungen an den Fassaden diskutiert wurde.

Für das angrenzende Verwaltungsgebäude Z-Zwo wurden Schallimmissionsberechnungen durchgeführt. Die dort ermittelten maßgeblichen Außenlärmpegel wurden auf das Züblinhaus übertragen haben, um festzustellen, ob die damaligen Prognosen aus den 80er Jahren heute noch Gültigkeit hat. Die Betrachtung der zusätzlich erhöhten Lärmeinwirkungen durch den Knotenverkehrspunkt Vaihingerstraße / Nord-Südstraße wurde vernachlässigt.

Der Vergleich zeigt, dass sämtliche Fensterelemente entlang den Nordkuppen (Achsen 12-13) und den Außenachsen 8-11 die Anforderungen gegen Außenlärm nicht mehr erfüllen. Die Gründe liegen an der Zunahme des Verkehrslärms und an der fehlenden Verkehrsprognose für die Zukunft.

Entlang den Achsen 11-12 werden die Anforderungen erfüllt, da hier Fenster der SSK III eingebaut wurden, analog dem Z-Zwo.

EGS-Plan hat im Rahmen des Forschungsprojekts Innenpegel bei geschlossenen und gekippten Fensterelementen gemessen (s. Anlage 1). Die Ergebnisse zeigen, dass die Empfehlungen nach VDI 2719 bei gekipptem Fenster eingehalten werden.

Es ist zu beachten, dass die Messungen auf max. 10 Minuten beschränkt werden mussten und der Verkehrslärm entlang der Vaihinger Straße im Laufe des Tages starken Schwankungen ausgesetzt ist. Dadurch wird es besonders für die Räume an der Nordkuppe zu zeitlichen Störungen der geistigen Tätigkeit kommen, wenn die Fenster gekippt sind und zeitgleich der Straßenverkehr zunimmt.

### **3.9.2.2 Bewertungsmatrix**

#### Einleitung

Die Qualität des Schallschutzes eines Gebäudes kann nur über die Feststellung bauteilbezogener Einzelkennwerte bewertet werden. Im Gegensatz z.B. zum Energieverbrauch eines Gebäudes, können diese Werte nicht zu einem gebäudespezifischen Absolutwert zusammengefasst und bewertet werden, wodurch die Vergleichbarkeit der Gebäude erschwert wird.

Zum Beispiel kann der gebäudespezifische Absolutwert des Energieverbrauchs durch die Nettogrundfläche eines Gebäudes oder durch die maximal mögliche Anzahl der Mitarbeiter geteilt werden. Mit diesen Kennzahlen können anschließend die einzelnen Energieverbräuche aller Forschungsprojekte verglichen und bewertet werden.

Da dies für den Schallschutz nicht möglich ist, muss eine Bewertungsmatrix gefunden werden, die eine Vergleichbarkeit des Schallschutzes ermöglicht.

### Zielsetzungen

Für die Bewertungsmatrix wurden folgende wesentlichen Zielsetzungen mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken,
- die Obergrenzen der Bewertungsnoten sind sinnvoll festzulegen,
- eine Erhöhung des Anforderungsprofils bewirkt nicht immer eine gleichzeitige Verbesserung (z.B. Außenlärm/Einfluss des Nutzers auf Innenlärm),
- die maximal möglichen Schalldämmwerte einer Bürotrennwand sollen mitbewertet werden
- die Bewertungsmatrix soll grafisch und einfach ablesbar sein, eine Gesamtnote ist notwendig, aber nicht vorrangig.

Folgende Kommentare zu oben aufgeführten Zielsetzungen:

- Unter einem Standard Verwaltungsgebäude wird ein Gebäudekomplex verstanden, bei der die Grundrisse übereinander angeordnet sind und die Lärmquellen der TGA in einem Treppenhaukern mit Aufzugsschacht und einer angegliederten Toiletteneinheit liegen.

Die Ebenen werden vorrangig von einem Mieter genutzt, sodass der Schwerpunkt im Eigenbereich des Schallschutzes liegt.

Die TGA-Anlagen sind auf dem Dachgeschoss und in die Untergeschosse verbannt, sodass sich die Lärmquellen in den Geschossebenen nur noch auf die Aufzugsanlagen und ggf. befindlichen Lüftungsanlagen in den Büroräumen beschränken.

In den Erdgeschossebenen befinden sich gegebenenfalls Sondernutzungseinheiten, wie Ladenzonen, Kantinen, Konferenzräume oder Kindertagesstätten.

Siehe hierzu ein Beispiel eines Verwaltungsgebäudes in Abbildung 3.9.2.1.-4.



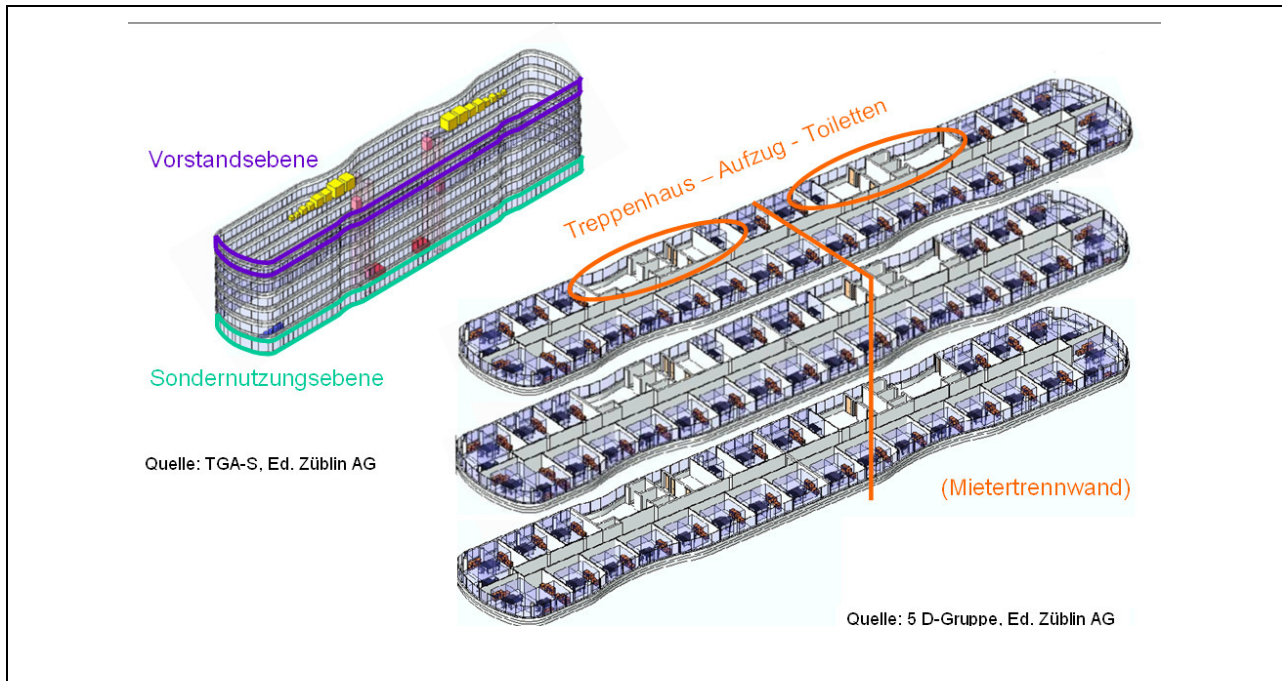


Abbildung 3.9.2.1.- 4: Darstellung eines Standard-Verwaltungsgebäudes

- Als sinnvolle Obergrenze der Bewertungsnoten werden z.B. Schalldämmwerte für Bürotrennwände von 45 .... 47 dB gesehen. Die Obergrenze wird von der flexibel genutzten Grundrissgestaltung eines Geschosses mit Hohlraum- oder Doppelböden geprägt.
- Die Erhöhung eines Anforderungsprofils bewirkt z.B. beim Außenlärm nur eine bedingte Verbesserung des Innenpegels in den Büroräumen, da der tatsächliche Innenpegel eines Raumes durch die Eigengeräusche des Nutzers mit beeinflusst wird. Lt. Elmar Sälzer ist im Verwaltungsbau der Schallschutz gegen Außenlärm ausreichend nach DIN 4109, Tabelle 8 dimensioniert. [ Elmar Sälzer: Allgemeine anerkannte Regeln des Schallschutzes in Verwaltungsgebäuden; Weimarer Bauphysiktag 2005]
- In der Praxis werden häufig für Bürotrennwände nur der Mindestschallschutz im Eigenbereich, d.h. ein Schalldämmwert  $R'_w$  von 37 dB gefordert. Die Folge ist, dass an die Schalllängsleitungen der Fassade, des Bodens oder der Decke keine wesentlich hohen Anforderungen gestellt werden.

Dies soll geändert werden, indem hier eine Bonusregel für Verwaltungsgebäude festgelegt wird. Verwaltungsgebäude deren Bürotrennwände ohne große technische und wirtschaftliche Maßnahmen auf 45...47 dB aufgestockt werden können, fallen in die Bonusregel, da dies die Wertstabilität eines Gebäudes erhöht.

Auf dem Markt bekannte Bewertungskriterien für den Schallschutz

Auf dem Markt gibt es bereits Bewertungskriterien im Schallschutz.

Zum einen veröffentlichte die DEGA „Die Deutsche Gesellschaft für Akustik“ einen Schallschutzausweis für Wohneinheiten [DEGA - Empfehlung 103, März 2009]. Dieser Schallschutzausweis stellt sehr kleinteilig ein Anforderungsprofil für Wohneinheiten auf, die u.a. auf die Lärmeinwirkungen des Nachbarschaftslärms in Wohneinheiten eingeht. Die Bewertungsskala ähnelt dem Energieausweis der Energieeinsparverordnung. Die Übertragung des Schallschutzausweises auf Verwaltungsbauten kann nicht 1:1 übernommen werden, da die Anforderungsprofile bei Wohneinheiten und Verwaltungsbauten unterschiedlich sind. Z.B. werden im Schallschutzausweis für Wohneinheiten eine Anforderung der Wände von 72 dB gestellt, um die Note A+ zu erhalten, dies ist in Verwaltungsbauten mit seiner Leichtbauweise nicht umsetzbar und vielfach nicht erforderlich.

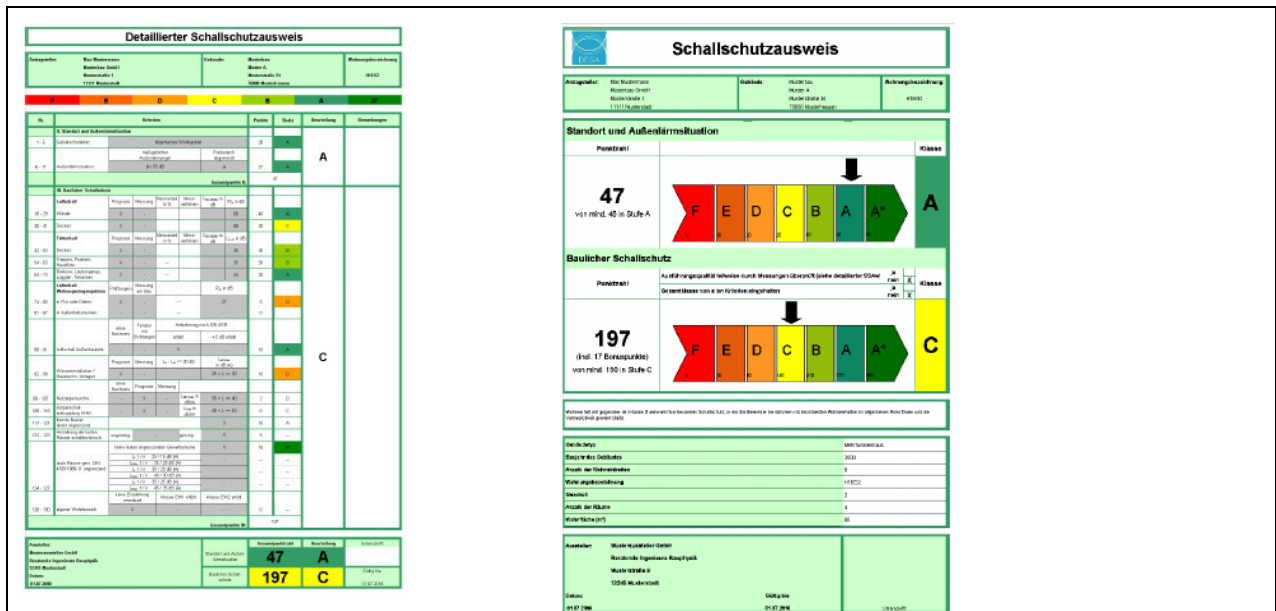


Abbildung 3.9.2.1.- 5: Schallschutzausweis für Wohneinheiten DEGA - Empfehlung 103, März 2009

Zudem erfolgt die Bewertung über eine Punktebewertung mit einer Abschlussnote. Dies entspricht folglich nicht den obengenannten Zielsetzungen.

Des Weiteren hat die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen in Ihren Kriteriensteckbriefen SB 21 und SB 34 den Schallschutz im Themenbereich [DGNB: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen; Stand V2008] aufgenommen. Auch hier erfolgt die Bewertung über eine Punktebewertung, die nicht den Zielsetzungen der Bewertungsmatrix entspricht.

|   |  |   |  |                                  |  |
|---|--|---|--|----------------------------------|--|
| Kriteriensteckbrief laufende Nr.: 21  |  | Interne Nr.: 3.1.4  |  | Seite 1 / 6                      |  |
| Bezeichnung: Akustischer Komfort  |  |   |  |                                  |  |
| Pflichtkriterium (Die Erfüllung des Grenzwertes ist Voraussetzung für die Zertifizierung)   |  | <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein<br>In V 2008 nicht aktiv   |  | Bearbeitungsstand: Dezember 2008 |  |
| Gültig für Zertifizierungsversion   |  | Pilotphase V 2008   |  |                                  |  |
| Bewertungsgegenstand  |  | Gebäude   |  |                                  |  |
| Zuordnungen   |  | Schutzziele: Behaglichkeit im Gebäude<br>Schutzziele: Gesundheit<br>Hauptkriteriengruppe: Soziokulturelle und funktionale Qualität<br>Kriteriengruppe: Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit  |  |                                  |  |
| Anwendung für   |  | Bewertungszeitpunkt: Planung<br>Gebäude- und Nutzungsart: Büro- und Verwaltungsbau  |  |                                  |  |
| Relevanz und Zielsetzungen  |  | Ziel ist die Sicherstellung eines resultierenden Stör- und Fremdgeräuschpegels sowie der Sprachverständlichkeit in Räumen, die insgesamt deren Nutzung nicht behindern sowie die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Nutzer nicht beeinträchtigen |  |                                  |  |
| Beschreibung, Kommentar   |  | Die einzelnen raumakustischen Kriterien betreffen <ul style="list-style-type: none"> <li>den Beitrag des Raumes zur Verstärkung oder Dämpfung von Geräuschen, z.B. von Sprache, in Gestalt der Nachhallzeit T in s</li> </ul>                       |  |                                  |  |
| einzubeziehende Aspekte   |  | Nachhallzeit gemäß DIN 18041 und VDI 2569   |  |                                  |  |
| Messgröße (Zähler)  |  | T in s  |  | Bezugsgröße (Nenner)             |  |
| Neues Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2008<br>ausschließlich für die Verwendung für die Kommentierungsphase NB 2008<br>Quelle: www.dgnb.de |  |   |  |                                  |  |

|   |  |  |  |                                  |  |
|---|--|--|--|----------------------------------|--|
| Kriteriensteckbrief laufende Nr.: 34  |  | Interne Nr.: 4.1.2   |  | Seite 1 / 6                      |  |
| Bezeichnung: Schallschutz   |  |  |  |                                  |  |
| Pflichtkriterium (Die Erfüllung des Grenzwertes ist Voraussetzung für die Zertifizierung)   |  | <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein<br>In V 2008 nicht aktiv  |  | Bearbeitungsstand: Dezember 2008 |  |
| Gültig für Zertifizierungsversion   |  | Pilotphase V 2008  |  |                                  |  |
| Bewertungsgegenstand  |  | Gebäude  |  |                                  |  |
| Zuordnungen   |  | Schutzziele: Schutzziele<br>Hauptkriteriengruppe: Technische Qualität<br>Kriteriengruppe: Qualität der technischen Ausführung  |  |                                  |  |
| Anwendung für   |  | Bewertungszeitpunkt: Baufertigstellung<br>Gebäude- und Nutzungsart: Neubau / Büro- und Verwaltungsgebäude  |  |                                  |  |
| Relevanz und Zielsetzungen  |  | Anforderungen an den baulichen Schallschutz unterliegen den allgemeinen anerkannten Regeln der Technik. Mindestanforderungen sind in der DIN 4109 festgelegt. Damit ist der nach dem Bauordnungsrecht geschützte Mindestschallschutz garantiert, eine Unterschreitung ist unzulässig. Auf diese Weise sind aber nicht automatisch alle möglichen, sondern nur die unzumutbaren Belastungen ausgeschlossen. Darüber hinaus gehende Anforderungen an den Schallschutz in Bürogebäuden sind die Vermeidung von Konzentrationserisiken, Wahrung des Vertraulichkeitsschutzes und Berücksichtigung von Personen mit eingeschränktem Hörvermögen.  |  |                                  |  |
| Beschreibung, Kommentar   |  | Messgrößen für den Schallschutz von Bauteilen sind für den Luftschallschutz das Schalldämmmaß und für den Körperschallschutz der Schalldruckpegel (z.B. Trittschalpegel, Installationsgeräuschpegel, Schalldruckpegel sonstiger haustechnischer Anlagen). Schallschutzanforderungen an Bauteile gegenüber fremden Arbeitsräumen sind in der DIN 4109 festgelegt. Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz gegenüber fremden Arbeitsräumen und Empfehlungen für einen normalen und erhöhten Schallschutz gegenüber Schallübertragungen aus eigenen Arbeitsbereichen in Bürogebäuden sind im Selbstl. 2 der DIN 4109 angegeben. Von Vorteil ist die Auslegung des Schallschutzes, der über diese Anforderungen hinausgeht. Ziel ist es hierbei nicht, die Schallschutzmassnahmen in einem erheblichen Maß über einen sinnvollen Rahmen hinaus zu steigern. |  |                                  |  |
| einzubeziehende Aspekte   |  | $R_w$ in dB: bewertetes Schalldämmmaß mit Schallübertragung über flankierende Bauteile<br>$R_{w,fl}$ in dB: bewertetes Schalldämmmaß ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile<br>$L'_{w,fl}$ in dB: bewerteter Norm-Trittschalpegel mit Schallübertragung über flankierende Bauteile mit einzubeziehenden<br>$L_w$ in dB(A): Installationsgeräuschpegel (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen)<br>$L_{w,eq}$ in dB(A): Schalldruckpegel sonstiger haustechnischer Anlagen   |  |                                  |  |
| Neues Büro- und Verwaltungsgebäude Version 2008<br>ausschließlich für die Verwendung für die Kommentierungsphase NB 2008<br>Quelle: www.dgnb.de |  |  |  |                                  |  |

Abbildung 3.9.2.1.- 6: Auszug der Steckbriefe SB 21 und SB 34; Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Stand V2008

### Bewertungstabelle des Schallschutzes im Zuge des Forschungsvorhabens

Als Lösung einer grafischen, einfachen und schnellen Bewertungsmatrix wird die Darstellung einer Bewertungskurve vorgeschlagen.

In nachfolgender Abbildung 3.9.2.1.-7 ist ein Auszug der Bewertungstabelle dargestellt.

Sie wird in Hauptkategorien, Einzelkriterien, Gewichtungsfaktoren und einer Bewertungskurve eingeteilt.



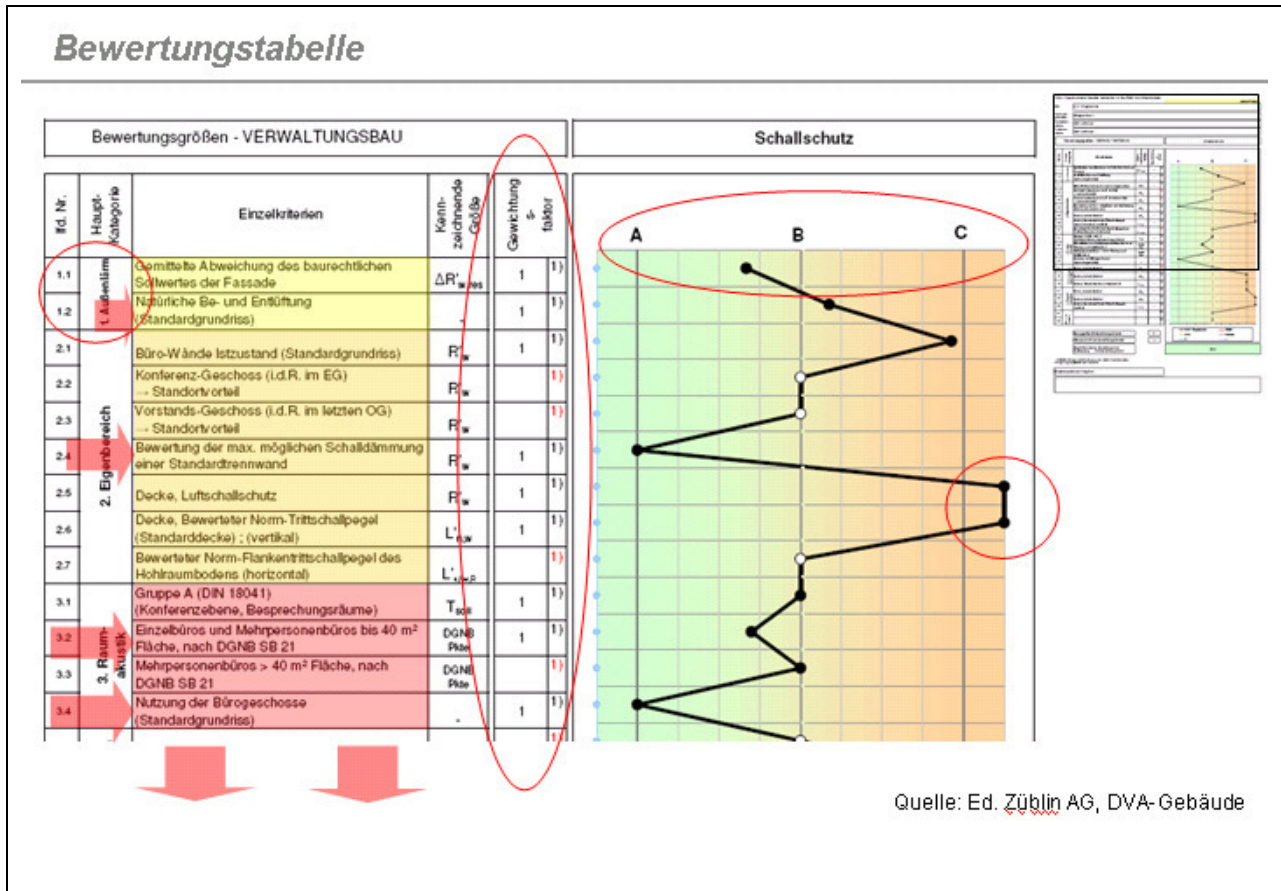


Abbildung 3.9.2.1.- 7: Auszug der Bewertungstabelle für Schallschutz, Vorschlag Ed. Züblin AG in Abspr. m. Bilfinger und Berger

In den Hauptkategorien sind bekannte Klassifizierungen wie Außenlärm, Eigenbereich oder Raumakustik etc. zu finden. In den Einzelkriterien sind die zu bewerteten Merkmale aufgeführt. Zusätzlich zu üblichen Einzelkriterien sind diese um die manuelle Be- und Entlüftungen, die maximale Schalldämmwerte von Bürotrennwänden oder flexible Grundrissgestaltung mit Einhaltung der Raumakustik ergänzt.

Die Bewertungsskala wird in 3 Stufen eingrenzt. Die Note A ist die Höchststufe und die Note C die Mindeststufe. Wird z.B. eine baurechtliche Anforderung nicht erfüllt, springt die Benotung automatisch auf C-, zur sofortigen Kennzeichnung. Dies ist z.B. beim DVA-Gebäude der Ed. Züblin AG der Fall, da die Bestandsdecken nicht die heutigen baurechtlichen Anforderungen erfüllen.

Innerhalb der Notenskala A,B und C sind Zwischenschritte erlaubt. Dabei ist festzuhalten, dass die dort festgelegten Zwischenschritte keine resultierenden Schalldämm-Masse sind, sondern z.B. der prozentuale Flächenanteil einer Bürotrennwand zu einem Schalldämmwert.

Die Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien sind in Anlage 4 näher definiert.

Die Darstellung als Bewertungskurve ermöglicht die schnelle und einfache Einstufung der Schallschutzqualität eines Gebäudes, den Vergleich der Bewertungskurven zweier Gebäude oder die zweier Varianten und das direkte Ablesen von Schallschutzqualitäten/-werte des Gebäudes aus den Bewertungskurven.

Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren ist eine Endnote möglich.

### **3.9.2.3 Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Züblinhaus**

In Anlage 3 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle des Züblinhaus aufgeführt.

Die in Nr. 2 und in Anlage 2 beschriebenen Ist-Werte wurden in dieser Bewertungstabelle berücksichtigt.

Als Gesamtbewertungsnote wird das Züblinhaus in die Note C eingestuft und hat knapp die Gesamtnote B-C verfehlt.

Eine Grund für diese Einstufung ist, dass das Züblinhaus im Jahr 1985 erstellt wurde und andere Anforderungen unterlag als heutige Neubauten. Ein klassisches Beispiel ist die Bürotrenndecke. Sie besteht aus einer dünnen Rohbetondecke mit Verbundestrich, d.h. ohne Hohlraumboden. Für die Nutzung als Eigenbereich lt. DIN 4109, Bbl.2 ist diese Ausführung für den heutigen empfohlenen Mindestschallschutz ausreichend. Im Falle einer Nutzungsänderung (unterschiedliche Mietbereiche) würde diese Decke, insbesondere im Trittschallschutz, ohne Teppichbelag die baurechtlichen Anforderungen nicht mehr erfüllen.

Bei der Bewertung des Außenlärms musste festgestellt werden, dass die Fensterelemente entlang der Nordkuppe und entlang den Außenachsen 8-11 baurechtlich nicht mehr das Anforderungsprofil nach DIN 4109, Tab. 8+9 erfüllt.

### **3.9.2.4 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Schallschutzes für das Züblinhaus Gebäude mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

In den Bestandsunterlagen konnten die Entwicklungsschritte und Entscheidungsprozesse bei der Definition des geeigneten Schallschutzes sehr gut nachvollzogen werden.

Dabei wurde die Ed. Züblin AG von Prof. Dr.-Ing. Karl Gösele beraten. Dank seines Mitwirkens Anfang der 80 er Jahre wurden bereits schallschutztechnischen Untersuchungen und Kennwerte für das Züblinhaus angesetzt, die in der heutigen Planungsphase beim Neubau üblich sind.

Durch den zunehmenden einwirkenden Außenlärmpegel (Vaihingerstraße und Nord-Süd-Straße) können die Fensterelemente die heutigen baurechtlichen Anforderungen nach DIN

4109, Tab. 8+9 zum Teil nicht mehr erfüllen. Dies betrifft insbesondere auf die Nordkuppen sowie die Außenachsen 8-11 zu.

Ein positives Beispiel dagegen ist der indirekte Schallschutz der innen liegenden Büroräume zur Glashalle. Bedingt durch die Glashallen-Trennung zur Straße werden sämtliche Büroeinheiten vor Außenlärmwirkung geschützt. Eine damalige innovative Maßnahme, die bereits mehrfach von Verwaltungsbauten kopiert wurde.

Die Bürotrenndecken entsprechen nicht mehr dem heutigen Nutzungsprofil. Als Bodenaufbau wurde damals ein Verbundestrich mit Teppichbelag gewählt, sämtliche Kabel werden in Fensterbrüstungskanäle geführt. Für den Eigenbereich sind die vorhandenen Schallschutzwerte im Luft- und Trittschallschutz ausreichend. Bei einer geschoßweisen Fremdvermietung würden die Trittschallschutzanforderungen ohne Teppichbelag nicht erfüllt werden.

Zusätzlich erfolgten Schallschutzmessungen in ausgewählten Büroräumen, um den Innenpegel bei unterschiedlichen Randbedingungen feststellen zu können. Dadurch können die Lärmeinwirkungen auf den Nutzer herauskristallisiert werden.

Hier ist zu beachten, dass man sich für die Messungen auf ein enges Zeitfenster beschränken musste und die Ergebnisse nicht die kompletten Straßenlärmwirkungen über den Tag wieder spiegeln, die hier sehr schwankend sind.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Schallschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

**Verweis: Anlagen siehe Kapitel 3.18**

### **3.9.3 Z-zwo**

#### **3.9.3.1 Istzustand der schallschutztechnischen Qualität**

##### Projektspezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 2002 grenzt im Norden an eine verkehrsreiche Straße.

Damit ein ausreichend hoher Schallschutz gegen Außenlärm konzipiert werden konnte, erfolgte im Jahr 2001 eine Schallschutz-Immissionsberechnung, um den maßgeblichen Außenlärm nach DIN 4109 [Schallschutz im Hochbau; 1989-11] zur Festlegung der erforderlichen Schalldämmwerte der Pfostenriegelkonstruktion ermitteln zu können.

In der nachfolgenden Abbildung 3.9.3.1.-1 ist die Lage des Gebäudes an die Vaihinger Straße dargestellt.

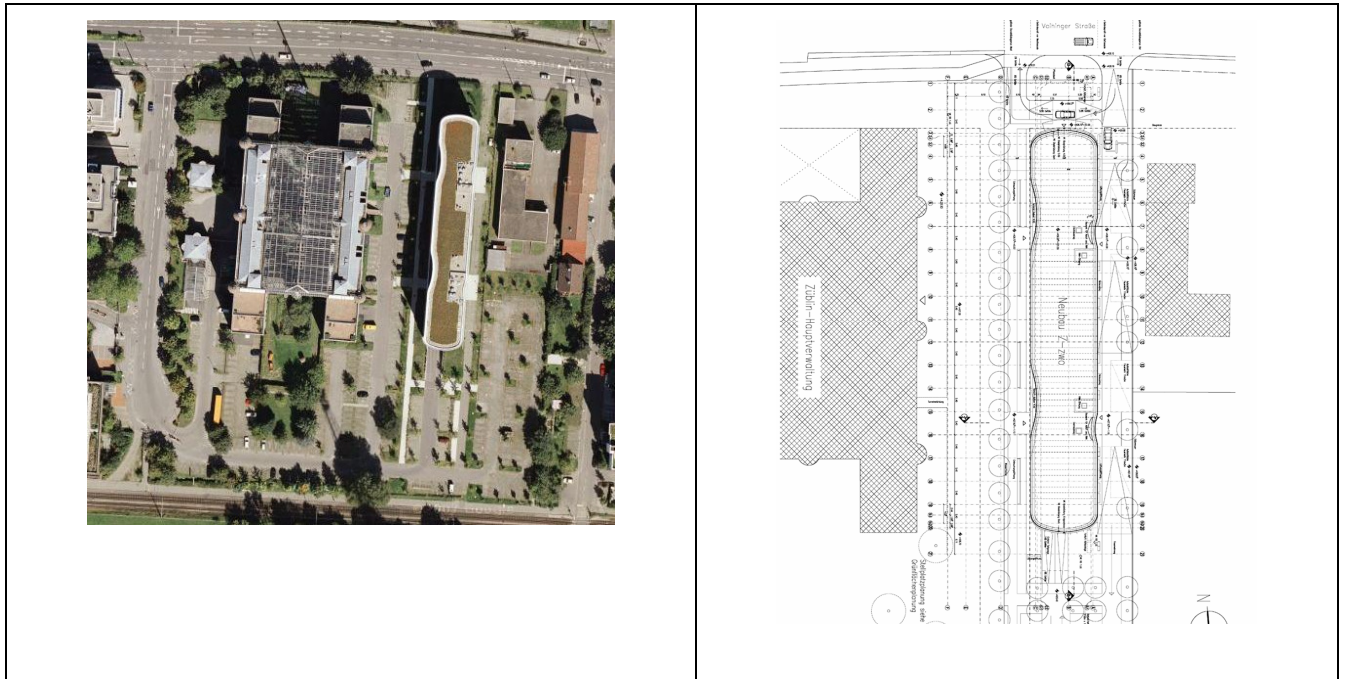


Abbildung 3.9.3.1.- 8: Lageplan des Z-Zwo mit Anbindung an die Vaihinger Straße im Norden

Für die Fensterelemente an der Nordkuppe ist die Schallschutzklasse IV, unten nach VDI 2719 [Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen; 1987-08] erforderlich, bereits ab Achse 4 sind nur noch Fensterelemente der SSK III bzw. ab Achse 12 Fensterelemente der SSK II notwendig (siehe Abbildung 2B.3.6.3.0.-2).

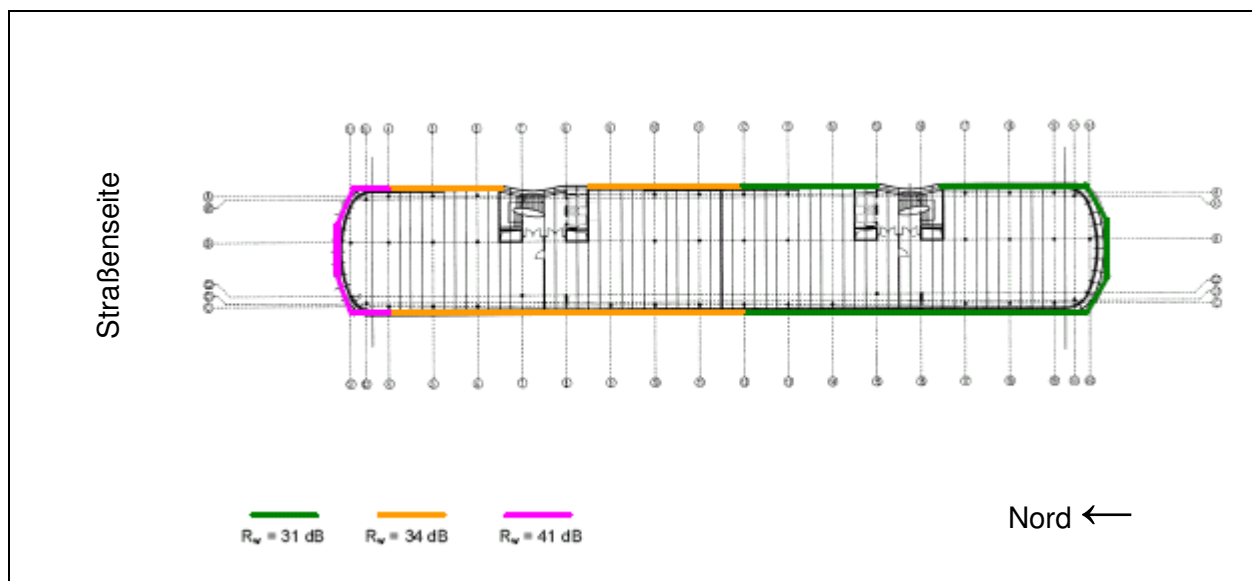


Abbildung 3.9.3.1.- 9: Anforderungen an die Schalldämm-Maße der Fensterelemente im eingebauten Zustand

[Bayer Bauphysik: Lärmschutznachweis des Zwo; 2008-07-27, Anlage 1 und 3].

Trotz des hohen Beurteilungspegels von  $L_r \geq 60$  dB (A) am Tage wird der Einbau von einer schallgedämmten, eventuell fensterunabhängigen Lüftungseinrichtung für die Achsen 3-12 nicht empfohlen, um einen Innenpegel von  $L_i$  45 dB (A) ähnlich wie beim DVA-Gebäude zu gewährleisten. Aus diesem Grund wurden für die schutzbedürftigen Räume keine mechanische Be- und Entlüftungsanlage eingebaut.

Für die Großraumbüros, die schwerpunktmäßig im Nordbereich liegen, wäre diese Maßnahme vorteilhaft gewesen.

Die Fassadenflächen ab Achse 12 liegen vom Straßenlärm entfernt, sodass eine Schallschutzklasse 2 nach VDI 2719 ausreichend ist. Bedingt durch die notwendigen Verglasungsaufbauten im Wärmeschutz erreichen die Fensterelemente bereits automatisch die Schallschutzklasse 3. Eine natürliche Belüftung ist ausreichend.

Im Innenbereich sind als Raumnutzung in der Regel Einzelbüros oder Zweipersonenbüros oder Mehrpersonenbüros (> 8 Personen) vorgesehen.

Die 28 cm dicken Flachdecken sind mit einem Hohlraumboden und einem Nadelfilzbodenbelag belegt.

Die Bürotrennung erfolgt über eine 100 mm starke, doppelbeplankte Gipskartonständerwand und einer Systemtrennwand zum Flurbereich.

Die raumakustische Behaglichkeit wird in den Besprechungsräumen mit Wandabsorber verbessert. Die Betondecken sollen zur Regulierung des sommerlichen Wärmeschutzes vollständig als Speichermasse dienen, sodass im Deckenbereich keine abgehängten Decken vorgesehen wurden.

Im Erdgeschossbereich wurden in den Großraumbüros aufgrund der großen Raumhöhen Möbeleinrichtungen gewählt, in denen zusätzliche Absorptionsflächen integriert sind.



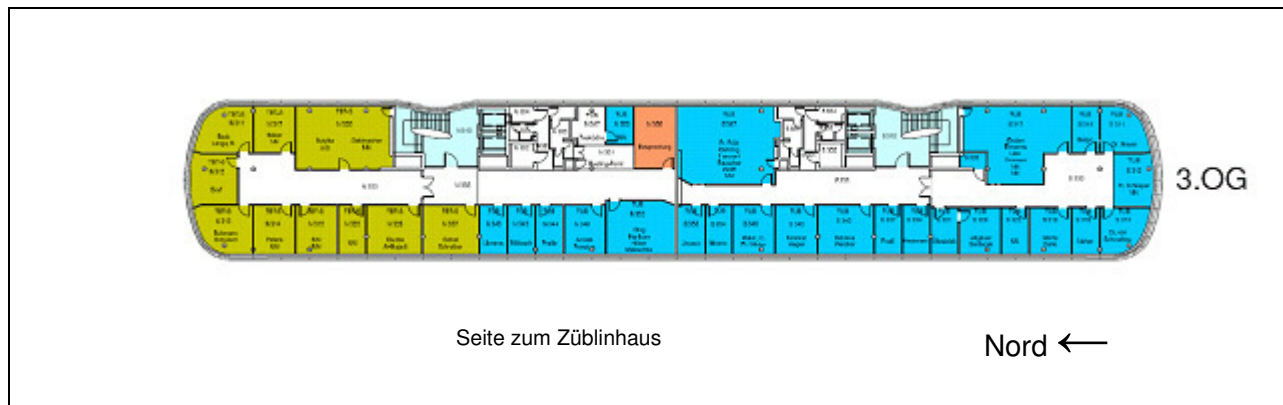


Abbildung 3.9.3.1.- 10: Standardgrundriss des Zzwo

### Vergleich der Schallschutzwerte ist/soll

In Anlage 2 werden sämtliche vorliegende Schallschutzmaßnahmen im Gebäude mit den Anforderungs-Schalldämmwerten aus Normen und Regelwerken verglichen.

Die Ist-Werte wurden soweit wie möglich aus den vorhandenen Nachweisen der Ingenieurgesellschaft BBI entnommen. Lagen keine Schallschutzkennwerte vor, so wurden die Kennwerte durch einen entsprechenden rechnerischen Nachweis von Ed. Züblin AG ergänzt.

Der Vergleich zeigt, dass alle Anforderungen aus der DIN 4109 eingehalten werden. Eine Ausnahme bilden die raumakustischen Anforderungen nach DIN 18041 [Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004-05].

Durch die vorgesehene Nachtlüftung wurden in den Deckenbereichen keine raumakustische Maßnahmen vorgesehen. Dies wirkt sich besonders negativ bei den Großraumbüros im Erdgeschoss, z.B. N046a, und in den zentralen Besprechungsräumen im Flurbereich, z.B. S118, aus.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden von EGS-Plan (siehe Anlage 1) in diesen Räumen exemplarisch Schallausbreitungskurven gemessen und diese mit den Bezugskurven nach VDI 3760 [Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Büroräumen; 1996-02] verglichen. Die Messreihen zeigen eindeutig, dass der Einfluss der reflektierenden Umfassungsflächen die Abnahme des Schalldruckpegels verzögert und sich somit negativ auf die Raumqualität in den Räumen N046a und N411 auswirkt. Hier hätten in den Deckenbereichen hochabsorbierende Akustikmaßnahmen mit einem hohen bewerteten Absorptionsgrad  $\alpha_w$  in Kombination von senkrechten Stellwänden, ggf. mit Absorptionsflächen, die verzögerte Abnahme der Schallausbreitungskurve verhindern können.

Die Folge ist ein zu hoher Innenpegel in den Räumen und die Störung der geistigen Tätigkeit. Die Nachhallzeit ist im EG-Raum N046a mit Möblierung ca. 0,95 s bei 500 Hz. Lt. DIN 18041

wird ein Nachhallzeit von ca. 0,70 s empfohlen. Dasselbe gilt für den Besprechungsraum im Flurbereich, S118. Hier wurde eine Nachhallzeit von ca. 1,05 s bei 500 Hz gemessen.

Die baurechtlichen Anforderungen gegen den Außenlärm werden mit geschlossenen Fenstern nach DIN 4109 erfüllt. Die Schallimmissionsberechnung der Ingenieurgesellschaft Bayer kommt jedoch zu einem hohen Beurteilungspegels von  $L_r \geq 60$  dB (A) am Tage.

Lt. VDI 2719 wäre hier der Einbau von schallgedämmten, eventuell fensterunabhängigen Lüftungseinrichtung für die Achsen 3-12 empfehlenswert gewesen, um einen Innenpegel von  $L_i$  45 dB (A) bei gekippten Fensterelementen nicht zu überschreiten.

EGS-Plan hat im Rahmen des Forschungsprojekts Innenpegel bei geschlossenen und gekippten Fensterelementen gemessen (s. Anlage 1). Die Ergebnisse zeigen, dass die Empfehlungen nach VDI 2719 bei gekipptem Fenster eingehalten werden.

Es ist zu beachten, dass die Messungen auf max. 10 Minuten beschränkt werden mussten und der Verkehrslärm entlang der Vaihinger Straße im Laufe des Tages starken Schwankungen ausgesetzt ist. Dadurch wird es besonders für die Räume an der Nordkuppe zu zeitlichen Störungen der geistigen Tätigkeit kommen, wenn die Fenster gekippt sind und zeitgleich der Straßenverkehr zunimmt.

### **3.9.3.2 Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes Z-Zwo**

In Anlage 3 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle des Z-Zwo aufgeführt.

Die in Nr. 2 und in Anlage 2 beschriebenen Ist-Werte wurden in dieser Bewertungstabelle berücksichtigt.

Für die Raumakustik der Einzel- und Mehrpersonenbüros musste die Note C- vergeben werden, da die Raumakustik im unmöblierten Zustand nicht den aufgestellten Anforderungen genügt.

Als Gesamtbewertungsnote wird das Z-Zwo in die Note B eingestuft.

### **3.9.3.3 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Schallschutzes für das Z-Zwo Gebäude mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

Zusätzlich erfolgen Schallschutzmessungen in ausgewählten Büroräumen, um den Innenpegel bei unterschiedlichen Randbedingungen feststellen zu können. Dadurch können die Lärmeinwirkungen auf den Nutzer herauskristallisiert werden.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Schallschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

### 3.9.4 DVA

#### 3.9.4.1 Istzustand der schallschutztechnischen Qualität

##### Projektspezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 1957 befindet sich an einer verkehrsreichen Straße in der Innenstadt von Stuttgart, welches im Jahr 2006 komplett entkernt und saniert wurde.

Damit ein ausreichend hoher Schallschutz gegen Außenlärm konzipiert werden konnte, erfolgte im Jahr 2005 eine Schallschutz-Immissionsberechnung, um den maßgeblichen Außenlärm nach DIN 4109 [Schallschutz im Hochbau; 1989-11] zur Festlegung der erforderlichen Schalldämmwerte der Lochfassade ermitteln zu können.

In der nachfolgenden Abbildung 3.9.4.1.-1 sind die Auswirkungen des eintreffenden Außenlärms auf die Fassade am Beispiel des 1. OG dargestellt.

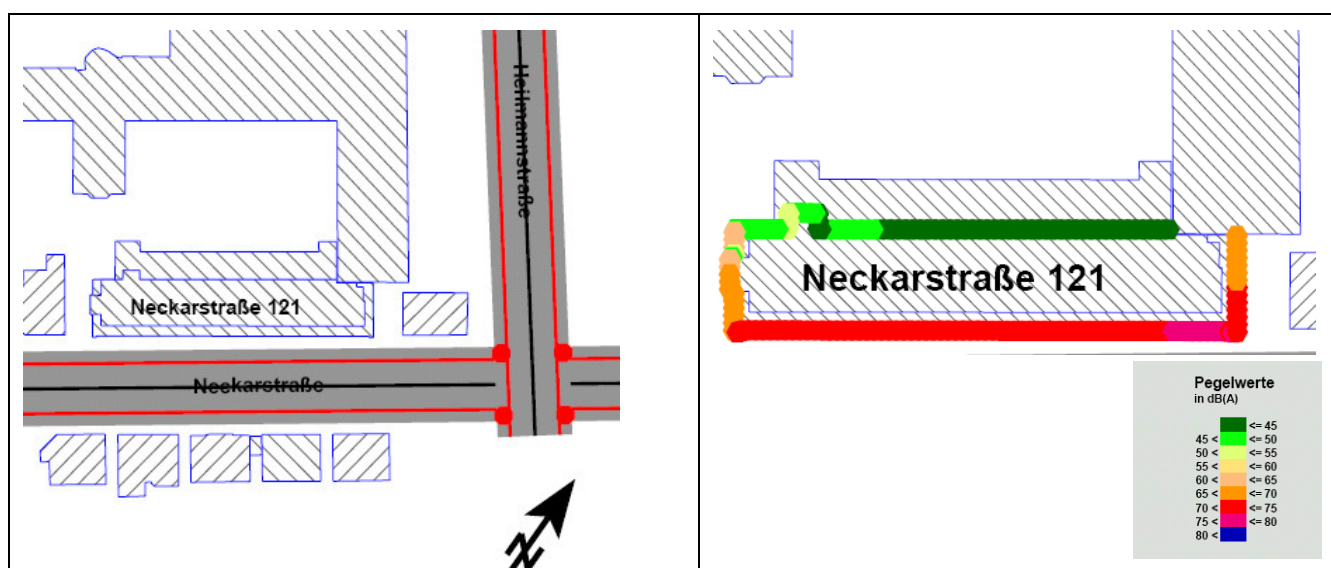


Abbildung 3.9.4.1.- 1: Lageplan und Maßgeblicher Außenlärmpegel auf Fassade des 1. Logs

[Horstmann+Berger: Schallschutz gegen Außenlärm DVA; 2005-07-27, Anlage 1 und 3].

Der günstige Fensterflächenanteil bewirkt, dass für die Fensterelemente auf der Straßenseite zum größten Teil die Schallschutzklasse III, Mitte nach VDI 2719 [Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen; 1987-08] ausreichend sind (siehe Abbildung 3.9.4.1.-2).



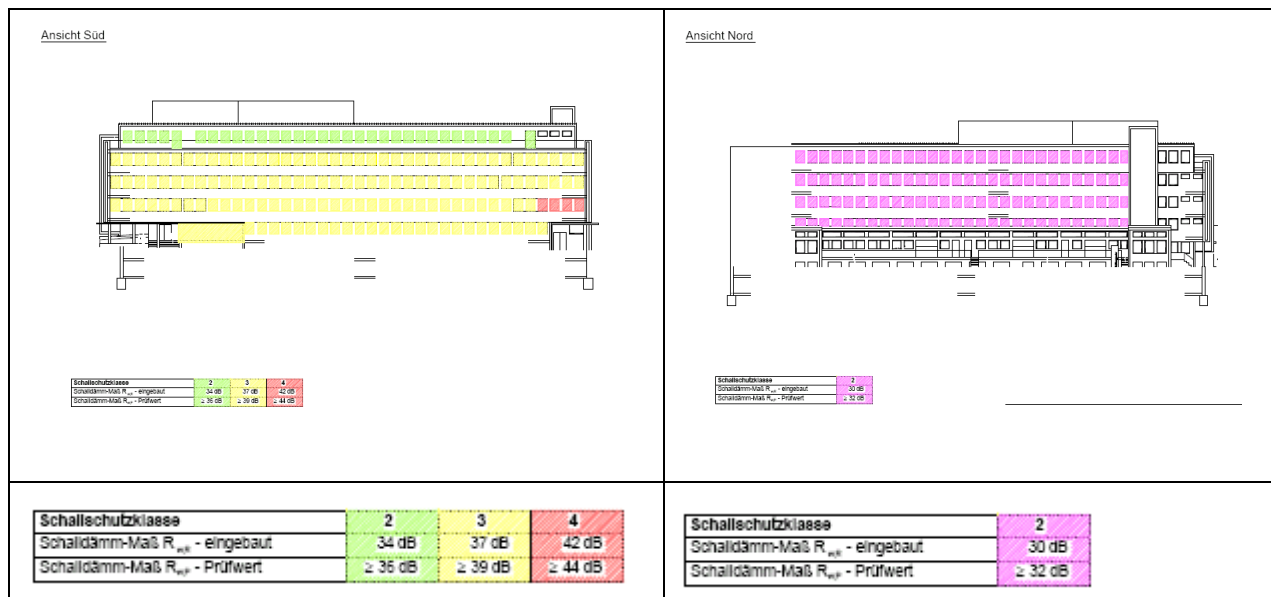


Abbildung 3.9.4.1.- 2::Darstellung der erforderlichen Schalldämm-Maße – Süd- und Nordansicht

[Horstmann + Berger: Schallschutz gegen Außenlärm DVA; 2005-07-27, Anlagen 7 und 8].

Aufgrund des hohen Beurteilungspegels von  $L_r \geq 60$  dB (A) am Tage wird „der Einbau von einer schalldämmten, eventuell fensterunabhängigen Lüftungseinrichtung empfohlen, um einen Innenpegel von  $L_i$  45 dB (A) zu gewährleisten“ [Horstmann + Berger: Schallschutz gegen Außenlärm DVA; 2008-07-27, Seite 4]. Diese Empfehlung wurde von Ed. Züblin AG umgesetzt, indem für die schutzbedürftigen Räume zur Straßenseite eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage eingebaut wurde.

Die Fassadenseite zum Innenhof liegt abgeschirmt vom Straßenlärm, sodass eine Schallschutzklasse 2 nach VDI 2719 ausreichend ist. Bedingt durch die notwendigen Verglasungsaufbauten im Wärmeschutz erreichen die Fensterelemente bereits automatisch die Schallschutzklasse 3. Eine natürliche Belüftung ist für die Innenhofsituation ausreichend.

Im Innenbereich sind als Raumnutzung in der Regel Einzelbüros oder Zweipersonenbüros vorgesehen.

Die 5 cm dünnen Rippendecken wurden mit einem Verbundestrich und einem Linoleumbelag mit Trittschallunterlage sowie mit einer abgehängten Mineralfaserdecken ertüchtigt, um den Luft- und Trittschallschutz zu erhöhen.

Die Bürotrennung erfolgt über eine 100 mm starken, doppelbeplankten Gipskartonständerwand.

Die raumakustische Behaglichkeit wird durch die Mineralfaserdecken mit einem bewerteten Schallabsorptionsgrad  $\alpha_w \geq 0,7$  erreicht.

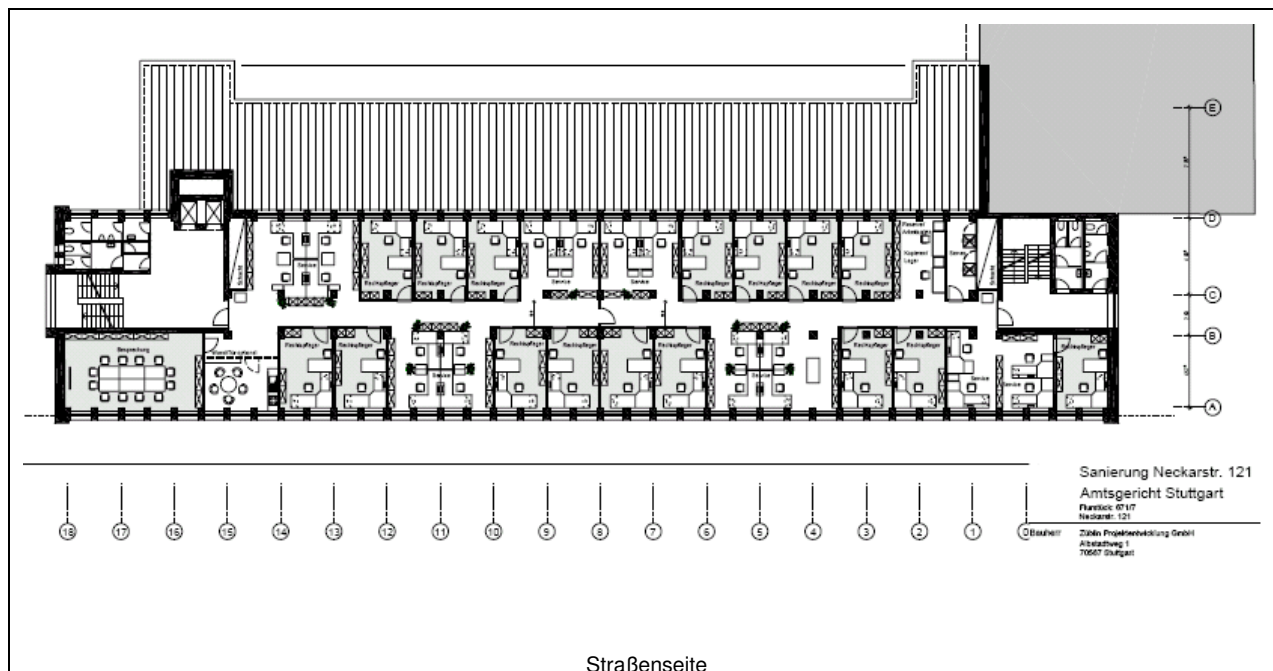


Abbildung 3.9.4.1.- 3: Standardgrundriss des DVA

### Vergleich der Schallschutzwerte ist/soll

In Anlage 2 werden sämtliche vorliegende Schallschutzmaßnahmen im Gebäude mit den Anforderungs-Schalldämmwerten aus Normen und Regelwerken verglichen.

Die Ist-Werte wurden soweit wie möglich aus den vorhandenen Nachweisen des Ingenieurbüros Horstmann und Berger entnommen. Lagen keine Schallschutzkennwerte vor, so wurden die Kennwerte durch einen entsprechenden rechnerischen Nachweis von Ed. Züblin AG ergänzt.

Der Vergleich zeigt, dass fast alle Anforderungen aus der DIN 4109 und DIN 18041 eingehalten werden. Eine Ausnahme bilden die dünnen Rippendecken. Hier werden die Anforderungen des Luft- und Trittschallschutzes aufgrund des geringen Gewichts der Bestandsdecke aus dem Jahr 1957 - trotz der Ertüchtigungsmaßnahmen wie oben beschrieben - nicht eingehalten.

### **3.9.4.2 Ausgefüllte Bewertungstabelle des Gebäudes DVA**

In Anlage 3 ist die ausgefüllte Bewertungstabelle des DVA aufgeführt.

Die in Nr. 2 und in Anlage 2 beschriebenen Ist-Werte wurden in dieser Bewertungstabelle berücksichtigt.

Für die Bestands-Rippendecke musste die Note C- vergeben werden, da der Schalldämmwert der Bestandsdecke aus den 60 er Jahren nicht mehr dem heutigen baurechtlichen Anforderungsprofil entspricht. Als Gesamtbewertungsnote wird das DVA in die Note B-C eingestuft.

### **3.9.4.3 Fazit**

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde der Istzustand des Schallschutzes für das DVA Gebäude mit den Anforderungen der aktuellen Normung verglichen.

Zusätzlich erfolgen Schallschutzmessungen in ausgewählten Büroräumen, um den Innenpegel bei unterschiedlichen Randbedingungen feststellen zu können. Dadurch können die Lärmeinwirkungen auf den Nutzer herauskristallisiert werden.

Zum Schluss wurde eine Bewertungstabelle erarbeitet, die es ermöglicht, dass die sechs Verwaltungsgebäude bezüglich Ihrer Schallschutzqualität bewertet und verglichen werden können.

### **3.10 Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeit**

#### **3.10.1 Allgemeine Grundlagen**

##### Einleitung

Bereits in der 1. Wärmeschutzverordnung von 1977 wurde in § 3 „das Abdichten der Fugen in den wärmeübertragenden Umfassungswänden dauerhaft und entsprechend dem Stand der Technik luftundurchlässig gefordert“. Für die außen liegenden Fenster und Fenstertüren wurden ebenfalls maximale Fugendurchlasskoeffizienten festgelegt, um die Wärmeverluste bei Undichtigkeiten in der Gebäudehülle zu begrenzen.

Heute ist die Umsetzung und Anordnung einer luftundurchlässigen Schicht über die gesamte wärme übertragenden Umfassungsfläche eines Gebäudes Stand der Technik.

Weitere Gründe für eine luftdichte Gebäudehülle sind neben der Vermeidung von unnötigen Lüftungswärmeverlusten:

- das Vermeiden von Zugluft, d.h. Steigerung der thermischen Behaglichkeit im Raum
- das Vermeiden von Bauschäden, d.h. Vermeidung von Feuchteansammlung im Bauwerk
- die Verbesserung des Schallschutzes vor Außenlärm, d.h. Einhaltung der DIN 4109 und somit Steigerung der Behaglichkeit im Raum

Seit Einführung der Energieeinsparverordnung EnEV2002 erfolgt eine Bonusregelungen bei der Ermittlung der Lüftungswärmeverluste, wenn nach Fertigstellung des Gebäudes eine erfolgreiche Gebäudeluftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13829 [Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren; 2001-02] und DIN 4108-2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] erfolgte.

Im Wohnungsbau ist die Durchführung einer Gebäudeluftigkeitsmessung wesentlich häufiger als bei Verwaltungsbauten.

Um den Qualitätsstand der drei Züblin - Forschungsprojekte hinsichtlich ihrer Luftdichtigkeitsqualitäten beurteilen zu können, wurde EGS-Plan beauftragt für jedes Gebäude eine Gebäudeluftdichtigkeits- / Blowerdoormessung durchzuführen.

##### Methode und Kriterium

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessungen erfolgt nach DIN EN 13829, Beschreibung, s. Anlage 1.

##### Ziele

Die Ziele der Gebäudeluftigkeits- / Blowerdoormessungen sind:

- Feststellung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle im Vergleich zu Regelwerken
- Bewertung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle, Formfaktor bereinigt
- Findung von Schwachstellen in der Gebäudeaußenhülle

### 3.10.2 Züblin-Haus

#### 3.10.2.1 Luftwechselrate $n_{50}$

##### Gebäudespezifische Randbedingungen

Das Nichtwohngebäude Züblinhaus wurde in den Jahren 1983-1984 erstellt. Es handelt sich um ein Verwaltungsgebäude aus 2 beinahe baugleichen Gebäudeteilen die mit einer dazwischen liegenden Glashalle verbunden sind. Das Züblinhaus besteht aus 6-7 aufgehenden Geschossen.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- massiven Flachdächern und einem Satteldach im Technikgeschoss
- einer Fassade mit Holzfensterbändern und Betonsandwichenelementen
- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

In der Ausführungsphase wurden die Fugen zwischen Fensterelementen und massiven Bauelementen ohne Abdichtungsbändern ausgeführt.

Das Gebäude wird mit Ausnahme der Serverräume, der Vorstandsbüros (6.OG), Kantine (1.UG) und Sanitärtrakte natürlich be- und entlüftet. Das 1. UG und 6. OG wurden in der Blowerdoormessung nicht miteinbezogen, sodass von einem Gebäude ohne raumluftechnischen Anlagen ausgegangen werden kann.

##### Gebäudespezifische Luftdichtigkeitsanforderungen im Erstellungsjahr

Der Verwaltungsbau Züblinhaus unterlag zum Zeitpunkt seiner Erstellung den Luftdichtigkeitsanforderungen nach der 1. Wärmeschutzverordnung '77, §3:

- (1) Die Fugendurchlaßkoeffizienten der außenliegenden Fenster und Fenstertüren von beheizten Räumen dürfen die in Anlage 2 genannten Werte nicht überschreiten.
- (2) Die sonstigen Fugen in der wärmeübertragenden Umfassungsfläche müssen dauerhaft und entsprechend dem Stand der Technik luftundurchlässig abgedichtet sein.

D.h. zum Zeitpunkt der Erstellung unterlag das Gebäude keinem max. erlaubten Luftvolumenstrom nach DIN 4108-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden:

Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08].

Um alle drei Züblin Forschungsvorhaben miteinander vergleichen zu können, werden die Messergebnisse des Züblinhauses mit den aktuellen Anforderungen der DIN 4108-7 verglichen.

Für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen darf der Luftvolumenstrom bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa den Wert  $n_{50} = 3$  [h-1] bezogen auf das Raumvolumen nicht überschreiten.“

In die Untersuchung wurde der neue Entwurf der DIN E 4108-7 [2009-01] nicht berücksichtigt.

### Formfaktor $A/V_e$ [m-1]

Der Formfaktor des Züblinhauses beträgt:

$$A/V_e = 0,27 \text{ [m-1]}$$

Dabei gilt:

$A$  = umfassende Gebäudehülle des beheizten Gebäudevolumens

$V_e$  = beheiztes Gebäudevolumen

### 3.10.2.2 Blower-Door-Messung

#### Messvorgang der externen Blowerdoor - Messung nach DIN EN 13 829

Für das Züblinhaus waren, aufgrund seiner alten Gebäudehülle, drei Einbauorte für die Ventilatoren/Gebläse erforderlich. Dabei wurden insgesamt 4 Ventilatoren in die Flurtüren zur Glashalle (1. und 3. OG) und im 3. OG im runden Besprechungszimmer (mit geöffneten Fenstern) luftdicht eingebaut. Siehe nachfolgende Abbildung 3.10.2.2.-1.

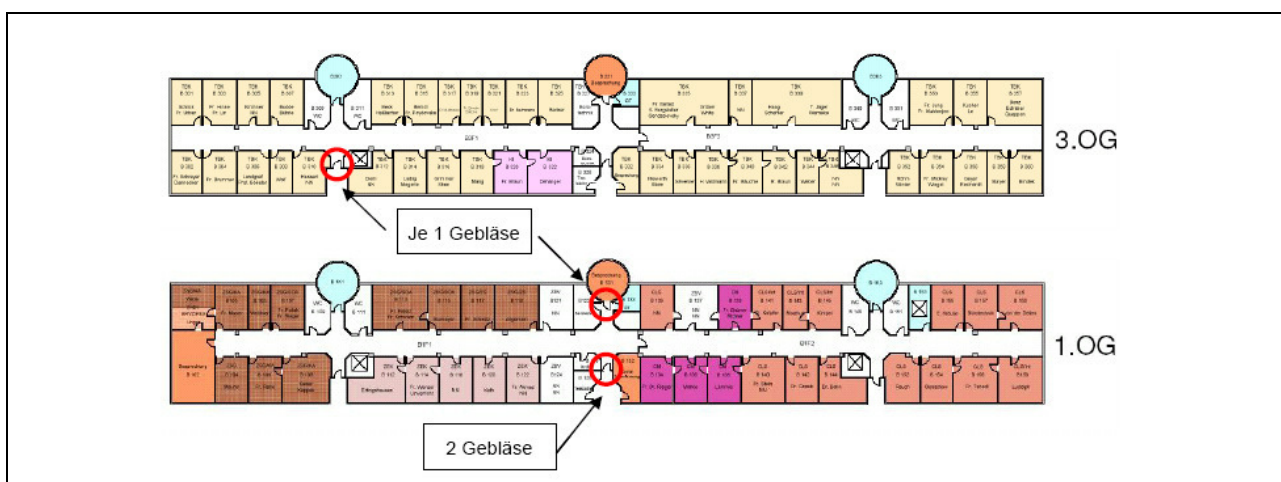


Abbildung 3.10.2.2.- 1: Einbauorte der Ventilatoren im 1.OG und 3.OG des B-Blockes [: EGS-Plan und Ed. Züblin AG]

Die Messung beschränkte sich auf das 1. bis 5. Obergeschoss.

„Die Abluftöffnungen in den Toiletteneinheiten wurden geschlossen, die Lüftungsgitter unter den Fenstern (Innenhofseite) wurden abgeklebt und die Aufzugstüren wurden in den untersuchten Geschossen soweit wie möglich abgeklebt. Dies war aufgrund der vorgefundenen Konstruktion der Aufzugsanlage nicht vollständig möglich, so dass „interne Leckagen“ das Ergebnis geringfügig beeinflussen.“

[EGS-Plan: Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009].

### Ergebnis der extern durchgeführten Blowerdoor – Messung

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13829 [Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren; 2001-02], von EGS-Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 3,2$  [h<sup>-1</sup>], siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Die Anforderungen für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen (siehe Nr. 2.1.2) werden dabei überschritten. „Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch die bei der Messung vorhandenen nicht zu vernachlässigenden internen Leckagen der Messwert ohne diese Leckagen deutlich eingehalten würden.“ [EGS-Plan: Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009, Seite 10].

### Auswirkungen des Messergebnisses für die Berechnung nach EnEV2007

Bei der Nachweisführung nach der Energieeinsparverordnung EnEV2007 wird der Infiltrationsluftwechsel des Gebäudes nach DIN V 18599-2 [Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 2: Nutzungsenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen, Nr. 6.3.1.1; 2007-02] als Tagesmittel bestimmt.

Als Maß für die Gebäudedichtheit gilt dabei der gemessene Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz ( $n_{50}$ -Wert).

Dabei wird zwischen geprüften und ungeprüften Gebäuden unterschieden.

Für Gebäude ohne mechanische Lüftung wird der mittlere tägliche Infiltrationsluftwechsel wie folgt bestimmt:

$$n_{\text{inf}} = n_{50} \times e_{\text{wind}}$$

Dabei gilt:

$n_{50}$  = der Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz:

- nach erfolgter Dichtigkeitsprüfung: gemessener Wert
- ohne erfolgte bzw. beabsichtigte Dichtigkeitsprüfung: Standardwerte, nach Tabelle 4

$e_{\text{wind}}$  = der Windschutzkoeffizient, als Standardwert gilt:  $e_{\text{wind}} = 0,07$



Für das Züblinhaus würden daher folgende Rechenansätze für den Infiltrationsluftwechsel gelten:

| erfolgte<br>Dichtigkeitsprüfung:                  | beabsichtigte<br>Dichtigkeitsprüfung:            | ohne erfolgte<br>Dichtigkeitsprüfung:            |
|---|--|--|
| $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$                | $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$               | $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$               |
| $n_{inf} = 3,2 \times 0,07 \text{ [h-1]}$         | $n_{inf} = 2 \times 0,07 \text{ [h-1]}$          | $n_{inf} = 4 \times 0,07 \text{ [h-1]}$          |
| <b><math>n_{inf} = 0,224 \text{ [h-1]}</math></b> | <b><math>n_{inf} = 0,14 \text{ [h-1]}</math></b> | <b><math>n_{inf} = 0,28 \text{ [h-1]}</math></b> |

In die EnEV-Berechnung des Züblinhauses in Kap. 3.5.1-1 floss der Infiltrationsluftwechsel von  **$n_{inf} = 0,224 \text{ [h-1]}$**  nicht mit ein.

In diesem Fall ist der Ansatz korrekt den Infiltrationsluftwechsels in der EnEV - Berechnung ohne erfolgte Dichtigkeitsprüfung zu definieren.

### 3.10.2.3 Weiterführende Auswertungen

#### Vergleich des Messergebnisses mit normativen Anforderungen

In nachfolgender Abbildung 3.10.2.3.-2 sind die Blowerdoor - Messergebnisse mit den Anforderungen lt. aktueller DIN 4107-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] und Passivhausstandard in Abhängigkeit des jeweiligen Formfaktors  $A/V_e$  gegenübergestellt.

Wie in der Abbildung erkennbar, werden keine Unterschiede an den maximal erlaubten Luftwechsel  $n_{50}$  in Abhängigkeit des gebäudespezifischen Formfaktors  $A/V_e$  gestellt.

Die Folge ist, dass dadurch an Einfamilienhäuser mit einem natürlichen, hohem Formfaktor (große Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum Gebäudevolumen  $V_e$ ) eine höhere Anforderung gestellt wird als an Verwaltungsbauten mit einem kleinen Formfaktor  $A/V_e$  (kleine Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum großen Gebäudevolumen  $V_e$ ).

Die DIN 4108-7 stellt keine unterschiedlichen Anforderungen an Verwaltungsgebäude als an Wohneinheiten. Generell werden gerne im Wärmeschutz die Anforderungen der Wohneinheiten für Verwaltungsbauten abgeleitet. Die Folge ist, dass die Anforderungen an Nichtwohngebäude 1:1 übertragen werden, auch wenn hier eine Anpassung dringend erforderlich wäre.

Ein gutes Beispiel sind die Ausführungsvorschläge von Wärmebrückenausbildungen nach DIN 4108, Beiblatt 2, die typische Konstruktionen aus dem Wohnungsbau vorgeben, aber im Verwaltungsbau jedoch aufgrund anderer Fassadenkonstruktionen so nicht vorzufinden sind.



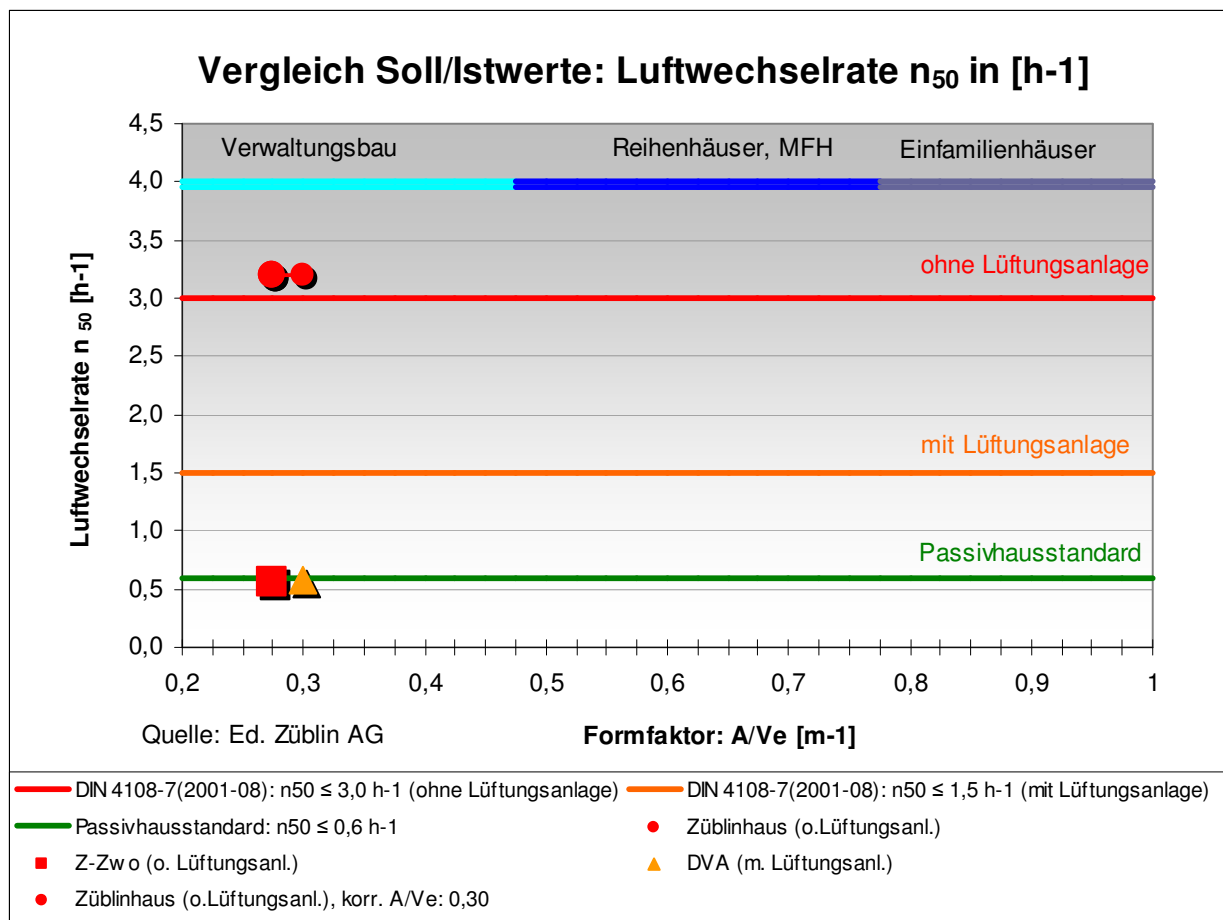


Abbildung 3.10.2.3.-2: Vergleich der Blowerdoor-Ergebnisse mit Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

### Vergleich der normativen Anforderungen - Formfaktor bereinigt

In nachfolgender Abbildung 3.10.2.3.-3 sind die Anforderungen an die Luftwechselrate lt. DIN 4108-7 und lt. Passivhausstandard Formfaktor bereinigt dargestellt. Das Ziel dabei ist, dass mit abnehmendem Formfaktor eines Gebäude die Anforderungen an die Luftwechselrate ansteigen. Dadurch wird ein gleiches Anforderungsprofil für alle Gebäudetypen erreicht.

Die ansteigende Anforderung in Abhängigkeit des Formfaktors ist am Verlauf der Anforderungsgeraden in Abbildung 3.10.2.3.-3 ablesbar. Der Beginn der ansteigenden Anforderungen (Knickpunkt) wird an den festgelegten, typischen Formfaktoren für Passivhäuser ( $A/V_e = 0,8$ ) und Reihenhäuser ( $A/V_e = 0,6$ ) festgelegt. Dabei wird z.B. beim Passivhaus davon ausgegangen, dass die Einzelhäuser kompakt gebaut werden müssen, um überhaupt die hohe Anforderung der Luftwechselrate von 0,6 erreichen zu können. Aus diesem Grund wird für Einfamilienhäuser von einem max. Formfaktor von  $A/V_e = 0,8$  ausgegangen. Die neue ununterbrochenen Geraden bilden somit die maximal erlaubten Luftwechselrate ab und die

gestrichelten Geraden stellen die ideale maximal erlaubte Luftwechselrate auf Basis eines Einzelhauses ab.

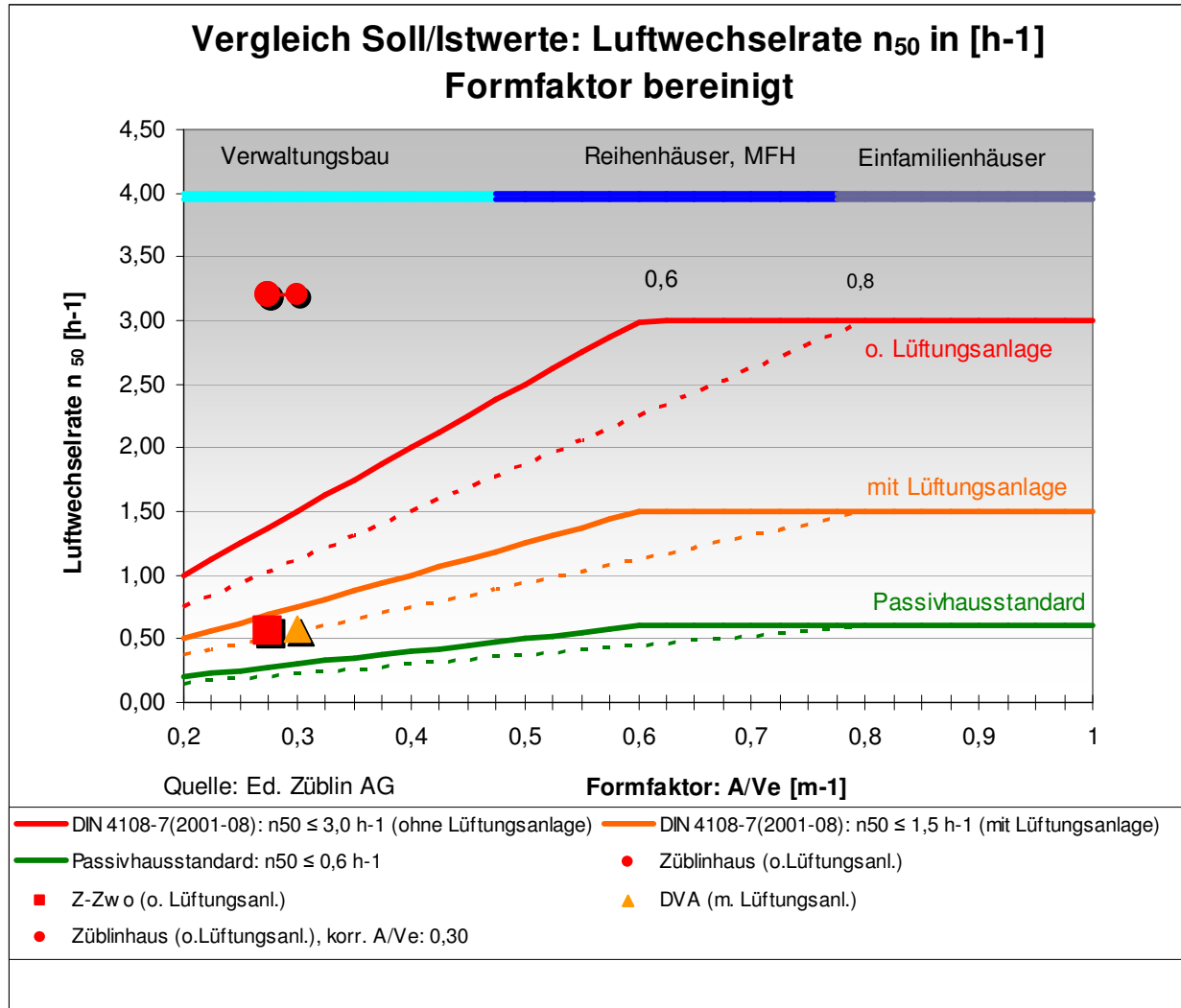


Abbildung 3.10.2.3.-3: Vergleich der Blowerdoor - Ergebnisse mit Formfaktor bereinigten Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

Der Steigungswinkel der Geraden zwischen  $A/V_e = 0,2$  und  $0,6$  bzw.  $0,8$  wird mit folgendem Faktor gebildet:

$$f = n_{50, \text{ soll}} \times \frac{(A/V_e)_{0,2}}{(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}}$$

Dabei gilt:

$n_{50, \text{ soll}}$  = Soll-Luftwechselrate lt. Anforderung

$(A/V_e)_{0,2- \text{ Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors zwischen  $0,2$  und dem Ausgangspunkt (Knickpunkt)

$(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors am Knickpunkt ( $0,6$  oder  $0,8$ ).

Je höher die Anforderung der Soll-Luftwechselrate desto paralleler und enger verlaufen die beiden Geraden (Beispiel: grüne Linien, Passivhausstandard).

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, erfüllt das Züblinhaus mit einer Formfaktor bereinigten Anforderung die Anforderungen an Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen mit einem große Differenzbetrag zwischen Soll- und Istwert nicht mehr.

Laut oben genannter Abbildung ändert sich die Anforderung für das Züblinhaus nach DIN 4108-7 von  $n_{50, \text{ soll}} = 3,0$  auf  $1,38$  bzw.  $1,03$  [h<sup>-1</sup>].

Die Anforderung nach Passivhausstandard wird bereits ohne Formfaktorbereinigung nicht erreicht. Bei einer Formfaktorbereinigung ändert sich die Anforderung nach Passivhausstandard für das Züblinhaus wie folgt:  $n_{50, \text{ soll}} = 0,28$  bzw.  $0,21$  statt  $0,60$  [h<sup>-1</sup>].

### **3.10.2.4 Fazit**

Für das Verwaltungsgebäude Züblinhaus aus dem Jahr 1984 wurde eine Blowerdoormessung nach DIN EN 13829 durchgeführt, um die Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich seiner Luftdichtigkeit feststellen zu können. Zum Zeitpunkt der Erstellung unterlag das Gebäude keinen normativen Anforderungen einer Gebäudeluftdichtkeitsmessung.

Die Gebäudeluftdichtkeitsmessung, durchgeführt von EGS - Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 3,2$  [h<sup>-1</sup>]. Lt. Aussage von EGS – Plan: „ist jedoch davon auszugehen, dass durch die bei der Messung vorhandenen nicht zu vernachlässigenden internen Leckagen der Messwert ohne diese Leckagen deutlich eingehalten würden.“ [EGS-Plan: Messbericht Luftdichtkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009, Seite 10]. siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Zusätzlich wurde das Messergebnis von Ed. Züblin AG mit den Anforderungswerten verglichen und weiter in Abbildung 3.10.2.3.-3 formfaktorbereinigt aufgestellt. Dies wird der Forderung gerecht, dass Verwaltungsgebäude mit seinem besseren Formfaktor  $A/V_e$  im Vergleich zu

Wohneinheiten höhere Anforderungen an die Luftwechselrate erfüllen sollten als in der Norm DIN 4108-7 gefordert.

Für das Züblinhaus gilt, dass mit der Angleichung in Abhängigkeit des Formfaktors die Anforderung nach DIN 4108-7 für Gebäude ohne raumlufttechnische Anlagen um das ca. 3 fache überschritten wird.

In die Untersuchung wurde der neue Entwurf der DIN E 4108-7 [2009-01] nicht berücksichtigt.

Weiterhin hat EGS – Plan Schwachstellen ausfindig gemacht, die in Zukunft in der Ausführungsplanung optimiert werden können, um die Luftwechselrate nach Wunsch noch weiter verbessern zu können. Siehe hierzu Anlage 1.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Züblin – Forschungsvorhaben (Z-Zwo und DVA) sind bei diesem Altbau alterbedingt z.T. wesentliche Undichtigkeiten in der Gebäudehülle festzustellen, die behoben werden sollten, da die feuchte warme Luft in die Baukonstruktion eindringen und Bauschäden verursachen kann.

Die Fensterdichtungen zwischen Rahmen und Flügel sind überwiegend funktionsfähig.

### **3.10.3 Z-zwo**

#### **3.10.3.1 Luftwechselrate $n_{50}$**

##### Gebäudespezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 2002 hat 6 Obergeschosse, inkl. Erdgeschoss.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- einem massiven begrünten Flachdach
- einer Fassade mit raumhohen Pfostenriegelkonstruktionen im EG sowie Fensterbändern auf massiven Brüstungen vom 1. bis 5. Obergeschoss
- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

In der Ausführungsphase wurden sämtliche Fugen zwischen Fensterelementen und massiven Bauelementen winddicht mit Abdichtungsbändern abgeklebt.

Das Gebäude wird mit Ausnahme des Sanitärtraktes und Serverraumes natürlich be- und entlüftet.

### Gebäudespezifische Luftdichtigkeitsanforderungen im Erstellungsjahr

Der Verwaltungsbau Z-Zwo unterlag zum Zeitpunkt seiner Erstellung den Luftdichtigkeitsanforderungen nach der 3. Wärmeschutzverordnung `95 und der DIN 4108-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08]:

„Für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen darf der Luftvolumenstrom bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa den Wert  $n_{50} = 3$  [h-1] bezogen auf das Raumvolumen nicht überschreiten.“

### Formfaktor $A/V_e$ [m-1]

Der Formfaktor des Z-Zwo beträgt:

$$A/V_e = 0,27 \text{ [m-1]}$$

Dabei gilt:

A = umfassende Gebäudehülle des beheizten Gebäudevolumens

$V_e$  = beheiztes Gebäudevolumen

### **3.10.3.2 Blower-Door-Messung**

#### Messvorgang der externen Blowerdoor - Messung nach DIN EN 13 829

Für das Z-Zwo war, aufgrund seiner dichten Gebäudehülle, nur ein Einbauort für die Ventilatoren/Gebläse erforderlich. Die 2 Ventilatoren wurden in die Notaußentüre des Treppenhauses im Südtraktes luftdicht eingebaut. Siehe nachfolgende Abbildung 3.10.3.2.-1.



Abbildung 3.10.3.2.- 1: Präparation Dachebene sowie Einbauort der Ventilatoren im EG-Treppenhaus Süd

[Fotos: EGS-Plan und Ed. Züblin AG]

„Die Abluftventilatoren und Entrauchungsöffnungen der Fahrstühle wurden auf dem Dach abgedichtet. Die Lüftungsgitter im 5. Obergeschoss der Treppenhäuser konnten nicht verschlossen werden, Luftströmungen in diesem Bereich fließen demzufolge in den Messbericht mit ein“ [EGS-Plan: Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009].

### Ergebnis der extern durchgeführten Blowerdoor – Messung

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13829 [Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren; 2001-02], von EGS-Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,56$  [h<sup>-1</sup>], siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Die Anforderungen für Gebäude ohne raumlufttechnische Anlagen (siehe Nr. 2.1.2) werden dabei deutlich unterschritten.

Auswirkungen des Messergebnisses für die Berechnung nach EnEV2007

Bei der Nachweisführung nach der Energieeinsparverordnung EnEV2007 wird der Infiltrationsluftwechsel des Gebäudes nach DIN V 18599-2 [Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 2: Nutzungsenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen, Nr. 6.3.1.1; 2007-02] als Tagesmittel bestimmt.

Als Maß für die Gebäudedichtheit gilt dabei der gemessene Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz ( $n_{50}$ -Wert).

Dabei wird zwischen geprüften und ungeprüften Gebäuden unterschieden.

Für Gebäude ohne mechanische Lüftung wird der mittlere tägliche Infiltrationsluftwechsel wie folgt bestimmt:

$$n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$$

Dabei gilt:

$n_{50}$  = der Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz:

- nach erfolgter Dichtigkeitsprüfung: gemessener Wert
- ohne erfolgte bzw. beabsichtigte Dichtigkeitsprüfung: Standardwerte, nach Tabelle 4

$e_{wind}$  = der Windschutzkoeffizient, als Standardwert gilt:  $e_{wind} = 0,07$

Für das Z-Zwo würden daher folgende Rechenansätze für den Infiltrationsluftwechsel gelten:

| erfolgte Dichtigkeitsprüfung:                      | beabsichtigte Dichtigkeitsprüfung:               | ohne erfolgte Dichtigkeitsprüfung:               |
|--|--|--|
| $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$                 | $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$               | $n_{inf} = n_{50} \times e_{wind}$               |
| $n_{inf} = 0,56 \times 0,07 \text{ [h-1]}$         | $n_{inf} = 2 \times 0,07 \text{ [h-1]}$          | $n_{inf} = 4 \times 0,07 \text{ [h-1]}$          |
| <b><math>n_{inf} = 0,0392 \text{ [h-1]}</math></b> | <b><math>n_{inf} = 0,14 \text{ [h-1]}</math></b> | <b><math>n_{inf} = 0,28 \text{ [h-1]}</math></b> |

In die EnEV-Berechnung des Z-Zwo in Kap. 3.5.1-1 floss der günstigere Infiltrationsluftwechsel von  **$n_{inf} = 0,0392 \text{ [h-1]}$**  nicht mit ein, da die Dichtigkeitsprüfung später als der EnEV-Nachweis erfolgte.

Bei Berücksichtigung des o.g. Infiltrationsluftwechsels in der EnEV - Berechnung würde eine Verbesserung des Primärenergiebedarfs von Z-Zwo um a) 2,0 % bzw. b) 3,7 % erreicht werden.

Dabei ist:

- a) die Differenz zwischen ohne und beabsichtigter Dichtigkeitsprüfung,



- b) die Differenz zwischen beabsichtigter Dichtigkeitsprüfung und erfolgter Dichtigkeitsprüfung (Messwert).

### **3.10.3.3 Weiterführende Auswertungen**

#### Vergleich des Messergebnisses mit normativen Anforderungen

In nachfolgender Abbildung 3.10.3.3.-2 sind die Blowerdoor - Messergebnisse mit den Anforderungen lt. aktueller DIN 4107-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] und Passivhausstandard in Abhängigkeit des jeweiligen Formfaktors  $A/V_e$  gegenübergestellt.

Wie in der Abbildung erkennbar, werden keine Unterschiede an den maximal erlaubten Luftwechsel  $n_{50}$  in Abhängigkeit des gebäudespezifischen Formfaktors  $A/V_e$  gestellt.

Die Folge ist, dass dadurch an Einfamilienhäuser mit einem natürlichen, hohem Formfaktor (große Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum Gebäudevolumen  $V_e$ ) eine höhere Anforderung gestellt wird als an Verwaltungsbauten mit einem kleinen Formfaktor  $A/V_e$  (kleine Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum großen Gebäudevolumen  $V_e$ ).

Die DIN 4108-7 stellt keine unterschiedlichen Anforderungen an Verwaltungsgebäude als an Wohneinheiten. Generell werden gerne im Wärmeschutz die Anforderungen der Wohneinheiten für Verwaltungsbauten abgeleitet. Die Folge ist, dass die Anforderungen an Nichtwohngebäude 1:1 übertragen werden, auch wenn hier eine Anpassung dringend erforderlich wäre.

Ein gutes Beispiel sind die Ausführungsvorschläge von Wärmebrückenausbildungen nach DIN 4108, Beiblatt 2, die typische Konstruktionen aus dem Wohnungsbau vorgeben, aber im Verwaltungsbau jedoch aufgrund anderer Fassadenkonstruktionen so nicht vorzufinden sind.



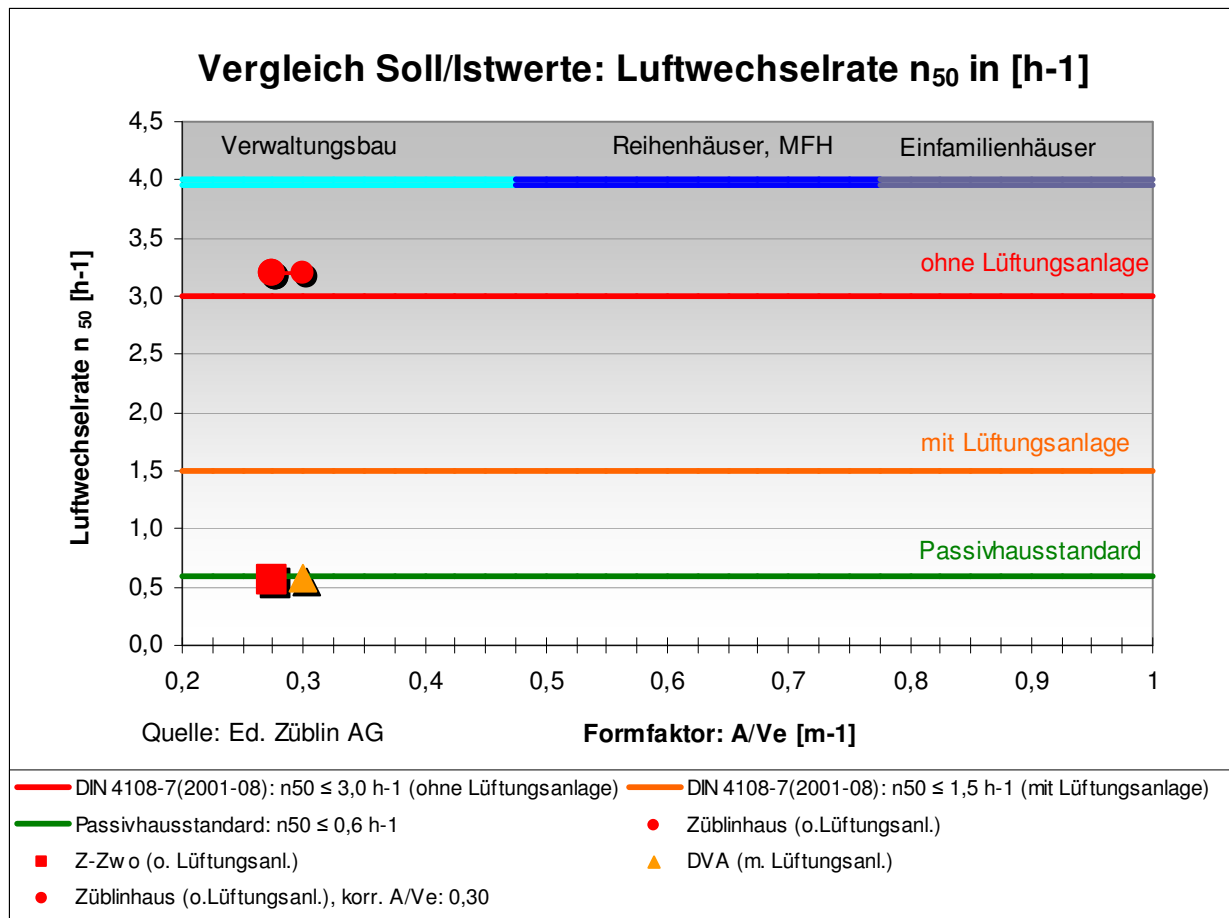


Abbildung 3.10.3.3.- 2: Vergleich der Blowerdoor-Ergebnisse mit Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

### Vergleich der normativen Anforderungen - Formfaktor bereinigt

In nachfolgender Abbildung 3.10.3.3.-3 sind die Anforderungen an die Luftwechselrate lt. DIN 4108-7 und lt. Passivhausstandard Formfaktor bereinigt dargestellt. Das Ziel dabei ist, dass mit abnehmendem Formfaktor eines Gebäude die Anforderungen an die Luftwechselrate ansteigen. Dadurch wird ein gleiches Anforderungsprofil für alle Gebäudetypen erreicht.

Die ansteigende Anforderung in Abhängigkeit des Formfaktors ist am Verlauf der Anforderungsgeraden in Abbildung 3.10.3.3.- 3 ablesbar. Der Beginn der ansteigenden Anforderungen (Knickpunkt) wird an den festgelegten, typischen Formfaktoren für Passivhäuser ( $A/V_e = 0,8$ ) und Reihenhäuser ( $A/V_e = 0,6$ ) festgelegt. Dabei wird z.B. beim Passivhaus davon ausgegangen, dass die Einzelhäuser kompakt gebaut werden müssen, um überhaupt die hohe Anforderung der Luftwechselrate von 0,6 erreichen zu können. Aus diesem Grund wird für Einfamilienhäuser von einem max. Formfaktor von  $A/V_e = 0,8$  ausgegangen. Die neue ununterbrochenen Geraden bilden somit die maximal erlaubten Luftwechselrate ab und die

gestrichelten Geraden stellen die ideale maximal erlaubte Luftwechselrate auf Basis eines Einzelhauses ab.

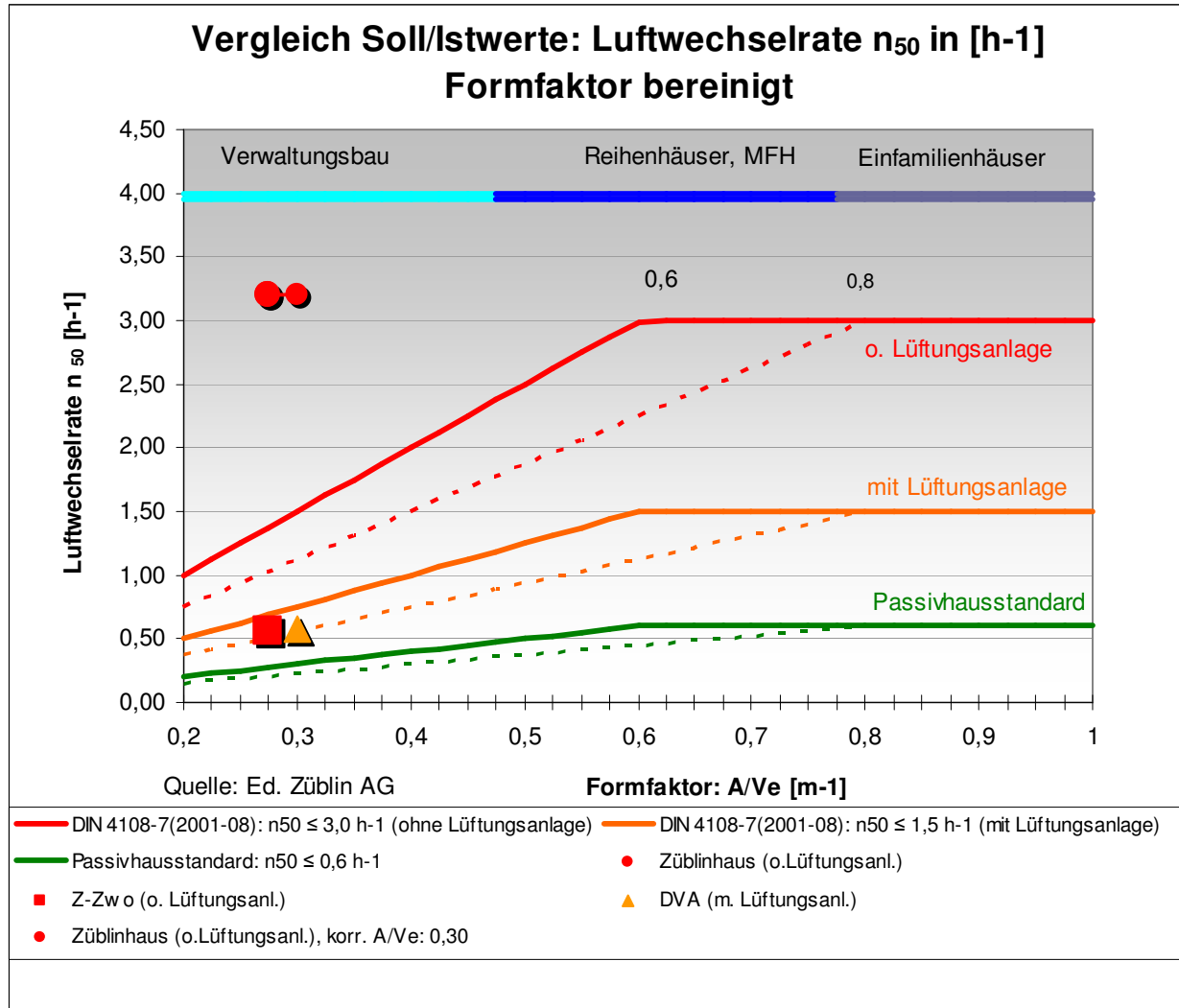


Abbildung 3.10.3.3.- 3:Vergleich der Blowerdoor - Ergebnisse mit Formfaktor bereinigten Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

Der Steigungswinkel der Geraden zwischen  $A/V_e = 0,2$  und  $0,6$  bzw.  $0,8$  wird mit folgendem Faktor gebildet:

$$f = n_{50, \text{ soll}} \times \frac{(A/V_e)_{0,2}}{(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}}$$

Dabei gilt:

$n_{50, \text{ soll}}$  = Soll-Luftwechselrate lt. Anforderung

$(A/V_e)_{0,2 - \text{Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors zwischen  $0,2$  und dem Ausgangspunkt (Knickpunkt)

$(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors am Knickpunkt ( $0,6$  oder  $0,8$ ).

Je höher die Anforderung der Soll-Luftwechselrate desto paralleler und enger verlaufen die beiden Geraden (Beispiel: grüne Linien, Passivhausstandard).

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, erfüllt das Z-Zwo trotz Formfaktor bereinigter Anforderung die Anforderungen an Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen.

Laut oben genannter Abbildung ändert sich die Anforderung für das Z-Zwo nach DIN 4108-7 von  $n_{50, \text{soll}} = 3,0$  auf 1,38 bzw. 1,03 [h-1].

Die Anforderung nach Passivhausstandard wird jedoch aufgrund der Formfaktorbereinigung nicht mehr erreicht ( $n_{50, \text{soll}} = 0,28$  bzw. 0,21 statt 0,60 [h-1]).

### **3.10.3.4 Fazit**

Für das Verwaltungsgebäude Z-Zwo wurde eine Blowerdoormessung nach DIN EN 13829 durchgeführt, um die Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich seiner Luftdichtigkeit feststellen zu können.

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessung, durchgeführt von EGS - Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,56$  [h-1], siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Zusätzlich wurde das Messergebnis von Ed. Züblin AG mit den Anforderungswerten verglichen und weiter in Abbildung 3.10.3.3.-3 formfaktorbereinigt aufgestellt. Dies wird der Forderung gerecht, dass Verwaltungsgebäude mit seinem besseren Formfaktor  $A/V_e$  im Vergleich zu Wohneinheiten höhere Anforderungen an die Luftwechselrate erfüllen sollten als in der Norm DIN 4108-7 gefordert.

Für das Z-Zwo gilt, dass trotz der Angleichung in Abhängigkeit des Formfaktors die Anforderung nach DIN 4108-7 für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen erfüllt wird, während die Anforderung nach Passivhausstandard aufgrund der Formfaktorbereinigung nicht mehr erreicht wird.

In die Untersuchung wurde der neue Entwurf der DIN E 4108-7 [2009-01] nicht berücksichtigt.

Weiterhin hat EGS – Plan Schwachstellen ausfindig gemacht, die in Zukunft in der Ausführungsplanung optimiert werden können, um die Luftwechselrate nach Wunsch noch weiter verbessern zu können. Siehe hierzu Anlage 1.

### 3.10.4 DVA

#### 3.10.4.1 Luftwechselrate $n_{50}$

##### Gebäudespezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau, die ehemalige DVA (Deutsche Versicherungsanstalt), ist ein sanierter Verwaltungsbau aus dem Jahr 1957 und hat 5 Obergeschosse, inkl. Erdgeschoss. Im Jahr 2006 wurde das Gebäude kernsaniert.

Die Baukonstruktion der Gebäudehülle besteht aus:

- Flachdächer auf Beton-Rippendecken bzw. Leichtdächern
- Lochfassade mit Alurahmen in massiver Außenwand mit WDVS (ca. 30 % Fensteranteil)
- einem massiven Kellerdeckenabschluss bzw. Treppenhaus.

In der Ausführungsphase wurden sämtliche Fugen zwischen Fensterelementen und massiven Bauelementen winddicht mit Abdichtungsbändern abgeklebt.

Das Gebäude, inkl. Untergeschosse wird nahezu komplett beheizt. Mit Ausnahme der hofseitigen Büros wird das Gebäude mechanisch be- und entlüftet. Zum Zeitpunkt der Blowerdoormessung waren das 3. und 4. Obergeschoss unvermietet.

##### Gebäudespezifische Luftdichtigkeitsanforderungen im Erstellungsjahr

Im Zuge der Revitalisierung wurde nach Vorgabe der EnEV2004, Abschnitt 3, §8 die neu gestaltete Außenhülle des Gebäudes nach dem Bauteilverfahren nachgewiesen.

Die Luftdichtigkeitsanforderungen in der EnEV2004 beziehen sich nur auf zu errichtende Bauten in Abschnitt 2, §5. Daher unterlag das DVA zum Zeitpunkt seiner Sanierung den privatrechtlichen Luftdichtigkeitsanforderungen nach DIN 4108-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08]:

„Für Gebäude mit raumluftechnische Anlagen darf der Luftvolumenstrom bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa den Wert  $n_{50} = 1,5$  [h-1] bezogen auf das Raumvolumen nicht überschreiten.“

##### Formfaktor $A/V_e$ [m-1]

Der Formfaktor des DVA beträgt:

$$A/V_e = 0,30 \text{ [m-1]}$$

Dabei gilt:

A = umfassende Gebäudehülle des beheizten Gebäudevolumens

$V_e$  = beheiztes Gebäudevolumen

### 3.10.4.2 Blower-Door-Messung

#### Messvorgang der externen Blowerdoor - Messung nach DIN EN 13 829

Für das DVA war, aufgrund seiner dichten Gebäudehülle, nur ein Einbauort für die Ventilatoren/Gebläse erforderlich. Die 2 Ventilatoren wurden in die Türe zum Innenhof luftdicht eingebaut. Siehe nachfolgende Abbildung 3.10.4.2.-1.

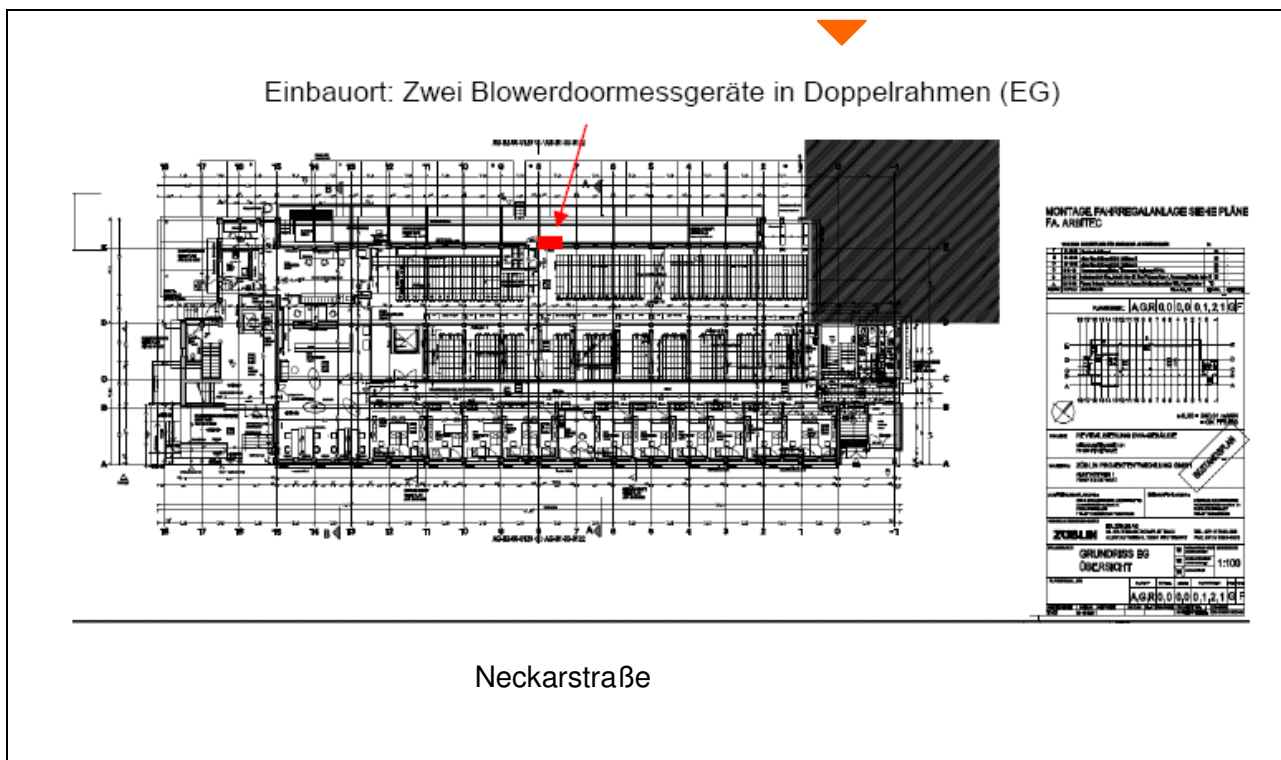


Abbildung 3.10.4.2.- 1: Einbauort der Ventilatoren im Erdgeschoss [Quelle: Planeintrag: EGS-Plan]

„Die Öffnungen der Lüftungsanlagen wurden verschlossen. Abluftöffnungen der Toiletteneinheiten und Entrauchungsöffnungen der Fahrstühle wurden auf dem Dach abgedichtet.“ [EGS-Plan: Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009].

### Ergebnis der extern durchgeführten Blowerdoor – Messung

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13829 [Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden – Differenzdruckverfahren; 2001-02], von EGS-Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,57$  [h-1], siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Die Anforderungen für Gebäude mit raumluftechnische Anlagen (siehe Nr. 2.1.2) werden dabei deutlich unterschritten.

### Auswirkungen des Messergebnisses für die Berechnung nach EnEV2007

Bei der Nachweisführung nach der Energieeinsparverordnung EnEV2007 wird der Infiltrationsluftwechsel des Gebäudes nach DIN V 18599-2 [Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung, Teil 2: Nutzungsenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen, Nr. 6.3.1.1; 2007-02] als Tagesmittel bestimmt.

Als Maß für die Gebäudedichtheit gilt dabei der gemessene Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz ( $n_{50}$ -Wert).

Dabei wird zwischen geprüften und ungeprüften Gebäuden unterschieden.

Für Gebäude mit mechanischer Lüftung wird der mittlere tägliche Infiltrationsluftwechsel wie folgt bestimmt:

$$n_{inf} = n_{50} \times e_{wind} \times (1 + f_{v,mech} \times t_{v,mech} / 24 \text{ h})$$

Dabei gilt:

$n_{50}$  = der Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz:

- nach erfolgter Dichtigkeitsprüfung: gemessener Wert
- ohne erfolgte bzw. beabsichtigte Dichtigkeitsprüfung: Standardwerte, nach Tabelle 4

$e_{wind}$  = der Windschutzkoeffizient, als Standardwert gilt:  $e_{wind} = 0,07$

$t_{v,mech}$  = die tägliche Betriebsdauer der Lüftungsanlage

In die EnEV-Berechnung der DVA in Kap. 3.5.1-1 fließt der günstigere Infiltrationsluftwechsel mit dem gemessenen Wert nicht ein, da die Dichtigkeitsprüfung später als der EnEV-Nachweis erfolgte.

Bei Berücksichtigung des o.g. Infiltrationsluftwechsels in der EnEV - Berechnung würde eine Verbesserung des Primärenergiebedarfs von der DVA um a) 0,6% erreicht werden.

Dabei ist:

- a) die Differenz zwischen beabsichtigter Dichtigkeitsprüfung und erfolgter Dichtigkeitsprüfung (Messwert).

### **3.10.4.3 Weiterführende Auswertungen**

#### Vergleich des Messergebnisses mit normativen Anforderungen

In nachfolgender Abbildung 3.10.4.3.-2 sind die Blowerdoor - Messergebnisse mit den Anforderungen lt. aktueller DIN 4107-7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden: Luftdichtigkeit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] und Passivhausstandard in Abhängigkeit des jeweiligen Formfaktors  $A/V_e$  gegenübergestellt.

Wie in der Abbildung erkennbar, werden keine Unterschiede an den maximal erlaubten Luftwechsel  $n_{50}$  in Abhängigkeit des gebäudespezifischen Formfaktors  $A/V_e$  gestellt.

Die Folge ist, dass dadurch an Einfamilienhäuser mit einem natürlichen, hohem Formfaktor (große Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum Gebäudevolumen  $V_e$ ) eine höhere Anforderung gestellt wird als an Verwaltungsbauten mit einem kleinen Formfaktor  $A/V_e$  (kleine Gebäudehüllenfläche  $A$  im Vergleich zum großen Gebäudevolumen  $V_e$ ).

Die DIN 4108-7 stellt keine unterschiedlichen Anforderungen an Verwaltungsgebäude als an Wohneinheiten. Generell werden gerne im Wärmeschutz die Anforderungen der Wohneinheiten für Verwaltungsbauten abgeleitet. Die Folge ist, dass die Anforderungen an Nichtwohngebäude 1:1 übertragen werden, auch wenn hier eine Anpassung dringend erforderlich wäre.

Ein gutes Beispiel sind die Ausführungsvorschläge von Wärmebrückenausbildungen nach DIN 4108, Beiblatt 2, die typische Konstruktionen aus dem Wohnungsbau vorgeben, aber im Verwaltungsbau jedoch aufgrund anderer Fassadenkonstruktionen so nicht vorzufinden sind.

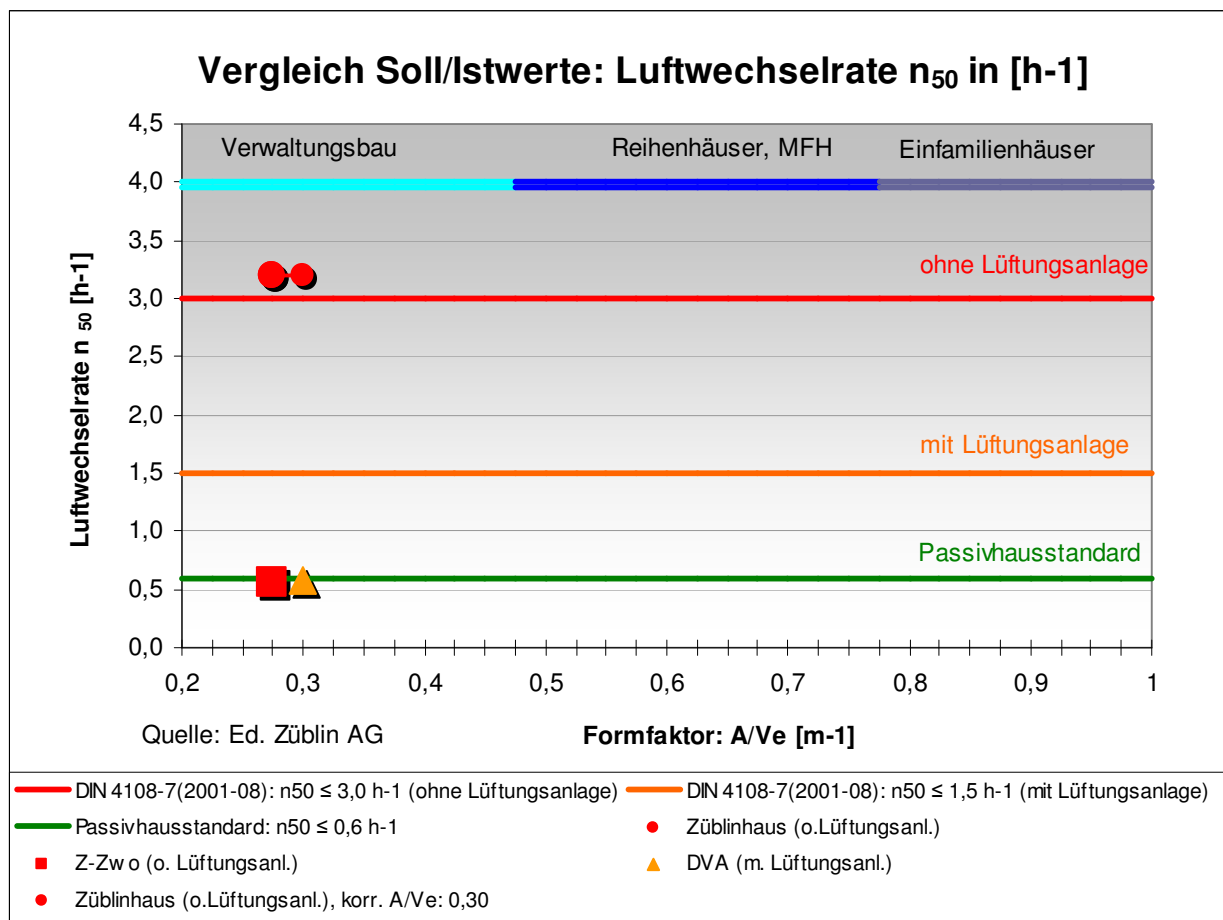


Abbildung 3.10.4.3.- 2: Vergleich der Blowerdoor-Ergebnisse mit Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

#### Vergleich der normativen Anforderungen - Formfaktor bereinigt

In nachfolgender Abbildung 3.10.4.3.-3 sind die Anforderungen an die Luftwechselrate lt. DIN 4108-7 und lt. Passivhausstandard Formfaktor bereinigt dargestellt. Das Ziel dabei ist, dass mit abnehmendem Formfaktor eines Gebäude die Anforderungen an die Luftwechselrate ansteigen. Dadurch wird ein gleiches Anforderungsprofil für alle Gebäudetypen erreicht.

Die ansteigende Anforderung in Abhängigkeit des Formfaktors ist am Verlauf der Anforderungsgeraden in Abbildung 3.10.4.3.- 3 ablesbar. Der Beginn der ansteigenden Anforderungen (Knickpunkt) wird an den festgelegten, typischen Formfaktoren für Passivhäuser ( $A/V_e = 0,8$ ) und Reihenhäuser ( $A/V_e = 0,6$ ) festgelegt. Dabei wird z.B. beim Passivhaus davon ausgegangen, dass die Einzelhäuser kompakt gebaut werden müssen, um überhaupt die hohe Anforderung der Luftwechselrate von 0,6 erreichen zu können. Aus diesem Grund wird für Einfamilienhäuser von einem max. Formfaktor von  $A/V_e = 0,8$  ausgegangen. Die neuen unterbrochenen Geraden bilden somit die maximal erlaubten Luftwechselrate ab und die



gestrichelten Geraden stellen die ideale maximal erlaubte Luftwechselrate auf Basis eines Einzelhauses ab.

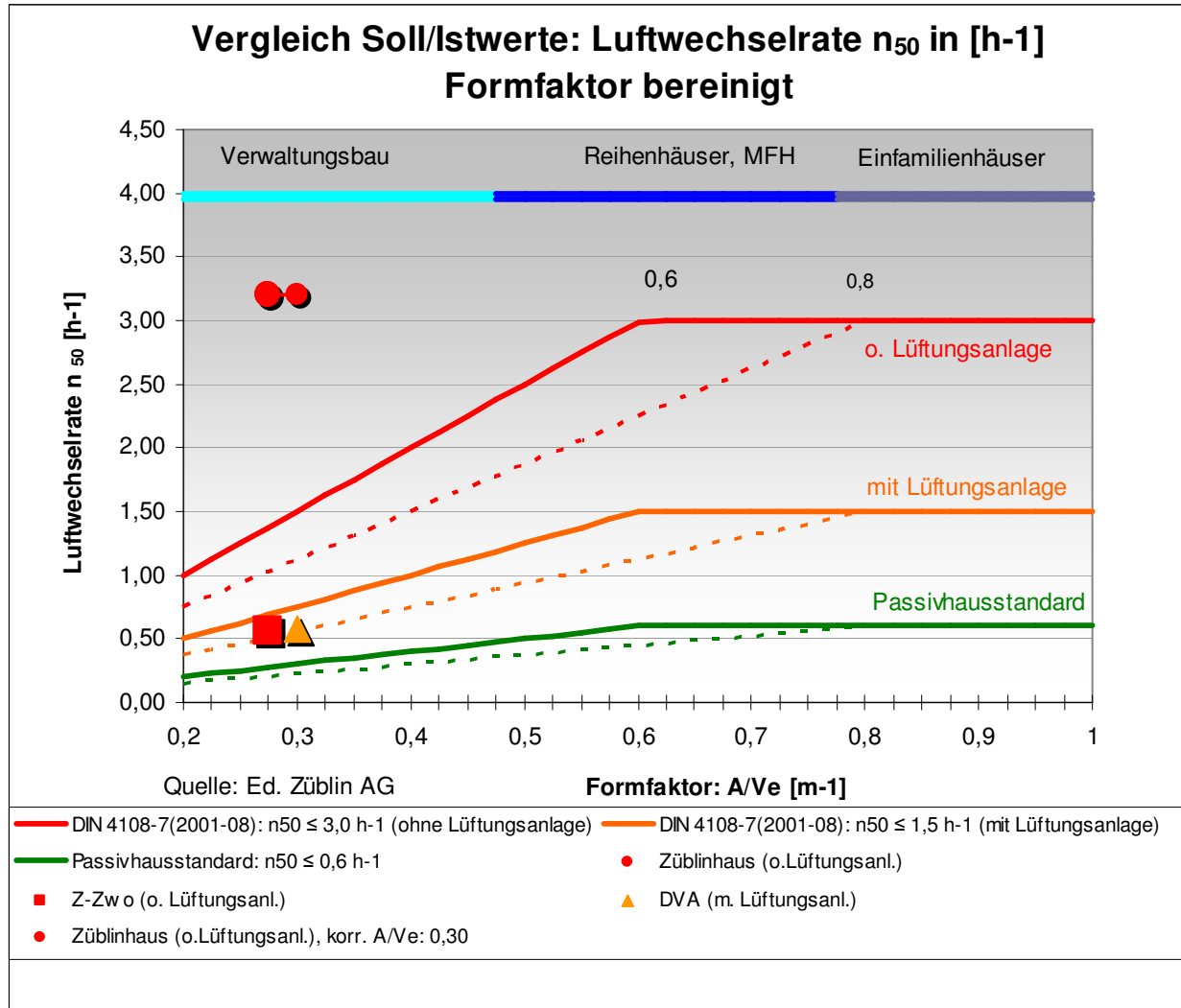


Abbildung 3.10.4.3.- 3:Vergleich der Blowerdoor - Ergebnisse mit Formfaktor bereinigten Anforderungen nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

Der Steigungswinkel der Geraden zwischen  $A/V_e = 0,2$  und  $0,6$  bzw.  $0,8$  wird mit folgendem Faktor gebildet:

$$f = n_{50, \text{ soll}} \times \frac{(A/V_e)_{0,2}}{(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}}$$

Dabei gilt:

$n_{50, \text{ soll}}$  = Soll-Luftwechselrate lt. Anforderung

$(A/V_e)_{0,2- \text{ Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors zwischen  $0,2$  und dem Ausgangspunkt (Knickpunkt)

$(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors am Knickpunkt ( $0,6$  oder  $0,8$ ).

Je höher die Anforderung der Soll-Luftwechselrate desto paralleler und enger verlaufen die beiden Geraden (Beispiel: grüne Linien, Passivhausstandard).

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, erfüllt das DVA trotz Formfaktor bereinigter Anforderung die Anforderungen an Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen.

Laut oben genannter Abbildung ändert sich die Anforderung für das DVA nach DIN 4108-7 von  $n_{50, \text{ soll}} = 1,5$  auf  $0,73$  bzw.  $0,56$  [h-1].

Die Anforderung nach Passivhausstandard wird jedoch aufgrund der Formfaktorbereinigung nicht mehr erreicht ( $n_{50, \text{ soll}} = 0,30$  bzw.  $0,23$  statt  $0,60$  [h-1]).

#### **3.10.4.4 Fazit**

Für das Verwaltungsgebäude DVA wurde eine Blowerdoormessung nach DIN EN 13829 durchgeführt, um die Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich seiner Luftdichtigkeit feststellen zu können.

Die Gebäudeluftdichtkeitsmessung, durchgeführt von EGS - Plan, ergab eine gemessene Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,57$  [h-1], siehe hierzu den Messbericht in Anlage 1.

Zusätzlich wurde das Messergebnis von Ed. Züblin AG mit den Anforderungswerten verglichen und weiter in Abbildung 3.10.4.3.-3 formfaktorbereinigt aufgestellt. Dies wird der Forderung gerecht, dass Verwaltungsgebäude mit seinem besseren Formfaktor  $A/V_e$  im Vergleich zu Wohneinheiten höhere Anforderungen an die Luftwechselrate erfüllen sollten als in der Norm DIN 4108-7 gefordert.

Für das DVA gilt, dass trotz der Angleichung in Abhängigkeit des Formfaktors die Anforderung nach DIN 4108-7 für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen knapp erfüllt wird, während die Anforderung nach Passivhausstandard aufgrund der Formfaktorbereinigung nicht mehr erreicht wird.

In die Untersuchung wurde der neue Entwurf der DIN E 4108-7 [2009-01] nicht berücksichtigt.

Weiterhin hat EGS – Plan Schwachstellen ausfindig gemacht, die in Zukunft in der Ausführungsplanung optimiert werden können, um die Luftwechselrate nach Wunsch noch weiter verbessern zu können. Siehe hierzu Anlage 1.

### 3.11 Bauphysikalische Qualitäten – Behaglichkeit

#### 3.11.1 Allgemeine Grundlagen

##### Einleitung

Ein guter thermischer Komfort in Büroräumen fördert die Gesundheit und Leistungsfähigkeit am Arbeitsplatz. Die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern kann marktwirtschaftliche Vorteile eines Unternehmens bewirken, wenn durch ein angenehmes Raumklima die Arbeitseffektivität gefördert und der Krankenstand der Mitarbeiter so gering wie möglich gehalten wird. Daher tritt der Nutzerkomfort in Verwaltungsbauten immer stärker in das Interesse eines Unternehmens.

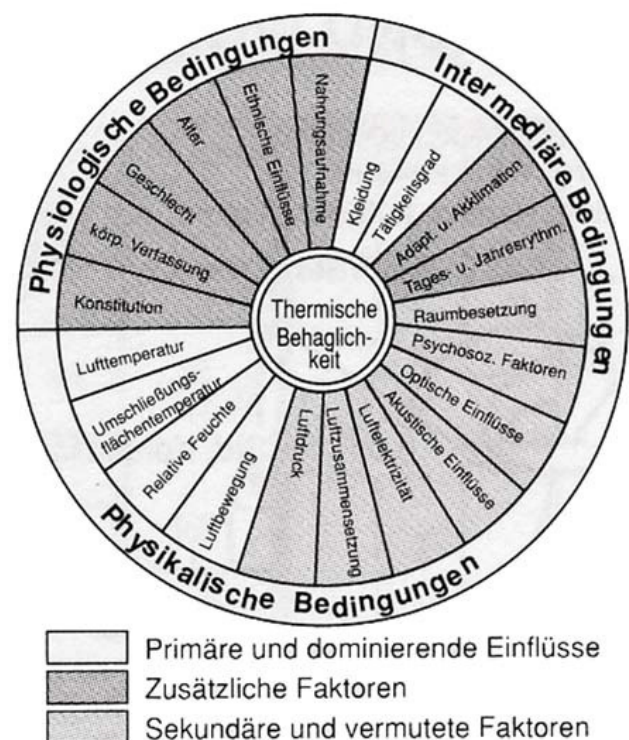
Das Raumklima wird durch bauliche Maßnahmen (z.B. Leicht- oder Schwerbauweise, transparente Außenfassaden) beeinflusst, teils durch technische Einrichtungen (z.B. Heizung, Lüftung, Kühlung, Kunstlicht) gesteuert sowie durch interne Wärmequellen (z.B. Computer, Kunstlicht) beeinflusst. Ergänzend zum Raumklima kommen die individuellen Nutzereinflüsse (Kleidung, Tätigkeitsart, Geschlecht, körperliche und geistige Verfassung etc.) hinzu.

Nachfolgende Graphik von Frank [Frank, W.: Raumklima und thermische Behaglichkeit, Berichte aus der Bauforschung, H104 Berlin, 1976] stellt alle Parameter mit ihren Gewichtungsanteilen, die den Behaglichkeitszustand der Menschen beeinflussen, dar.

Im Rahmen von Komfortmessungen kann die Raumbehaglichkeit nach objektiven Kriterien beurteilt werden, (d.h. Messung und Bewertung von physikalischen Größen wie Lufttemperatur, relative Raumluftfeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt).

Die entscheidende subjektive Wahrnehmung der Nutzer auf die Raumluftqualität, -temperatur, -feuchtigkeit und Zugluft kann nur über Nutzerumfragen erfolgen.

Aus diesem Grund wurde EGS-Plan beauftragt für jedes Gebäude Kurzzeit-Messungen an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) durchzuführen, um den objektiven Qualitätsstand der drei Züblin - Forschungsprojekte hinsichtlich ihres Nutzerkomforts am



Arbeitsplatz beurteilen zu können. Zusätzlich wurde EGS-Plan beauftragt Nutzerumfragen parallel zu den Messreihen durchzuführen, um die subjektive Wahrnehmung zum Nutzerkomfort zu ermitteln und mit den Messergebnissen zu vergleichen.

## Ziele

Im Rahmen des Forschungsvorhabens werden folgende Ziele verfolgt:

- Feststellen und beurteilen des Arbeitsplatzklimas mit unterschiedlichen Kurzzeit-Messungen an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006].
- Durchführen und bewerten von Nutzerumfragen während den Messreihen, um den subjektiven Eindruck der Nutzer zu den Themen Raumlufqualität, -temperatur, -feuchtigkeit, Zugluft und Schallschutz zu erhalten.
- Erstellen von Gesamtdiagrammen, um eine Vergleichbarkeit und Auswertung sämtlicher Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen bzw. Nutzerbefragungen pro Raum und Jahreszeit zu erreichen sowie
- eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Ergebnissen aus den Nutzerbefragungen zu den Themen Schallschutz und Nutzerkomfort zu erreichen.
- Übertragen der Messergebnisse in gemeinsam mit Bilfinger und Berger festgelegten Diagrammen, damit im Rahmen des Forschungsvorhabens die Messergebnisse aller sechs Forschungsvorhaben, trotz unterschiedlicher Messreihen, vergleichbar werden.
- Übertragen der Langzeitmessungen (Raumlufttemperatur, relative Raumluftfeuchte, Außenlufttemperatur) von Ed. Züblin AG in die Auswertungsdiagramme mit Bilfinger und Berger.

## **3.11.2 Züblin-Haus**

### **3.11.2.1 Nutzerkomfort-Messungen**

#### Gebäudespezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 1985 grenzt im Norden an eine verkehrsreiche Straße und liegt im Vergleich zum östlich gelegenen Z-Zwo Gebäude zusätzlich an der verkehrsreichen Nord-Südstraße. In der nachfolgenden Abbildung 3.11.2.1.-1 ist die Lage des Gebäudes an der Vaihinger Straße im Norden dargestellt.

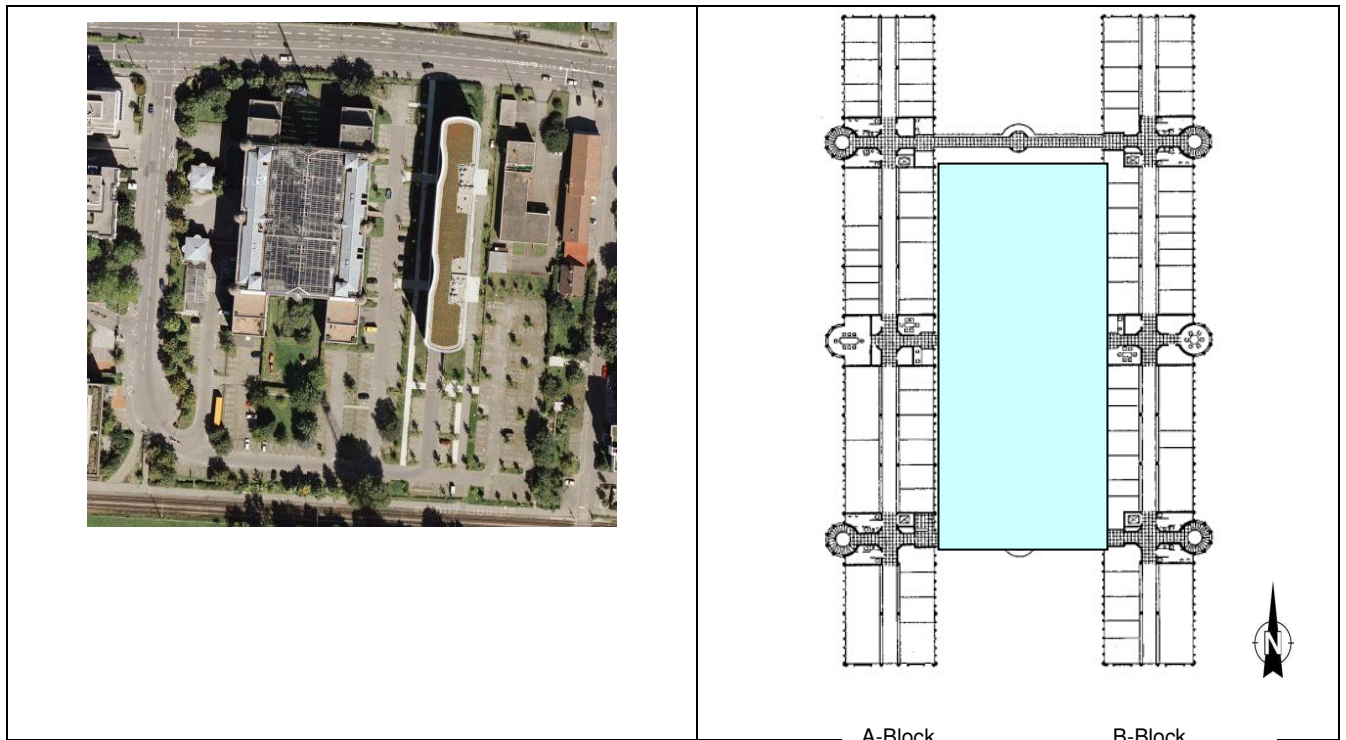


Abbildung 3.11.2.1.- 1: Lageplan des Züblinhauses mit Anbindung an die Vaihinger Straße im Norden sowie dem Albstadtweg

Folgende für die Behaglichkeit relevanten Randbedingungen für das Züblinhaus sind:

**Baukonstruktion:**

Massive Betondecken mit Verbundestrich, in der Regel in den Büroräumen ohne abgehängte Decken.

Die Fassade besteht in der Regel aus einer massiven Brüstung und aus Fensterbändern. Der Fensterflächenanteil, bezogen auf die äußere Fassadenfläche, beträgt entlang den Längsachsen 58 %.

Die Trennwände bestehen aus Gipskartonständerwänden.

**Heizung/Kühlung/Lüftung:**

Die Standard- Büroräume und die dazugehörigen Besprechungsräume werden natürlich über Fensterelemente be- und entlüftet.

Die Beheizung erfolgt über freie Heizflächen.

Eine Kühlung in den Büroräumen liegt nicht vor. Eine Kühlung durch Nachtluft ist bei den hallenorientierten Büroräumen über das Öffnen der Fensterelemente möglich. Die Maßnahme ist jedoch nur zu Beginn einer Hitzeperiode ausreichend, d.h. solange bis die Innenlufttemperatur der Glashalle wärmer ist als die Innenluft der angrenzenden Büroräume.

***Tages-/Kunstlicht:***

Manuelle Beleuchtungskontrolle

***Verschattung:***

Außenjalousie, fein strukturiertes Gitternetz

***Nutzung:***

Vorwiegend 2-Personenbüros.

***Schallschutz:***

Die nördlich gelegenen Büroräume sind vom Außenlärm, wie beim Z-Zwo Gebäude, am stärksten betroffen. Im Innenbereich werden die Mindestanforderungen an den Schallschutz für Eigenbereiche nach DIN 4109, Beiblatt 2 [Hochbau im Schallschutz, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, 1989-11] erfüllt.

Messvorgang der externen Nutzerkomfort - Messung nach DIN EN ISO 7730

Gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] wurden zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas unterschiedliche Messungen durchgeführt, unter anderem die Temperatur, die relative Raumlufffeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

„Aufgrund des aufwendigen Messaufbaus wurde ein mobiles Gerät für Kurzzeitmessungen an verschiedenen Arbeitsplätzen in den Gebäuden eingesetzt“ [EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009; Seite 8].

Messstellen der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

In nachfolgender Abbildung 3.11.2.1.-2 sind sämtliche Messorte der durchgeführten Nutzerkomfort - Messungen aufgeführt.



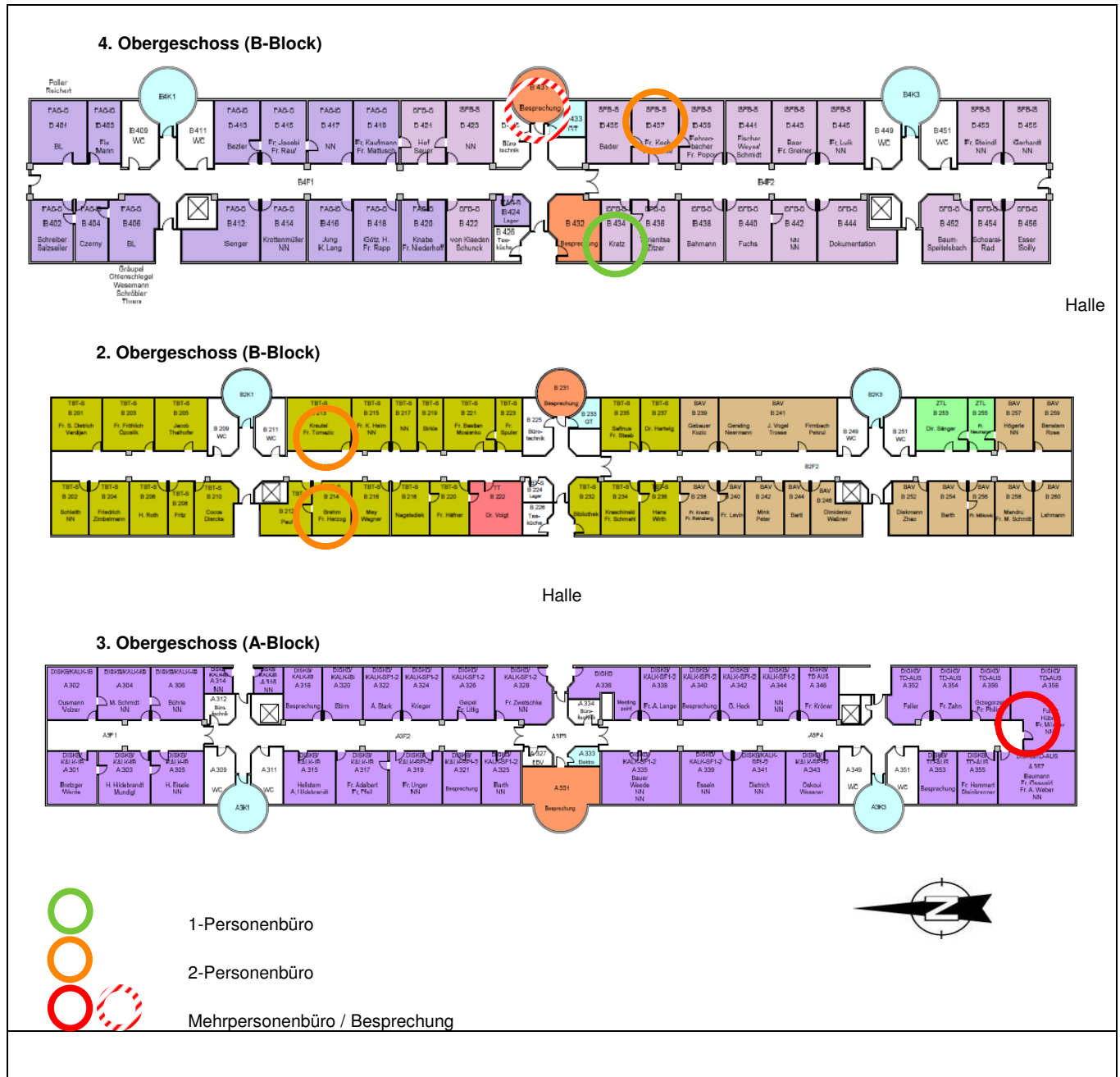


Abbildung 3.11.2.1.- 2: Messorte der Nutzerkomfort-Messungen – Züblinhaus A- und B-Block



In nachfolgender Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen der jeweiligen Räume zusammengefasst:

| Lfd.Nr. | Raum-Nr. | Geschoss        | Max. Belegungs-zahl | Bürotyp     | Ausführung Decke | Lichte Raum-höhe | Orientierung | Maßgebl. Außen-lärmpegel <sup>1)</sup> |
|---------|----------|-----------------|---------------------|-------------|------------------|------------------|--------------|--|
| [-]     | [-]      | [-]             | [Personen]          | [-]         | [-]              | [m]              | [-]          | [dB (A)]                               |
| 1       | A358     | 3. Obergeschoss | 4                   | Großraum    | massiv           | 2,80             | Ost / Süd    | < 65                                   |
| 2       | B213     | 2. Obergeschoss | 2                   | 2- Personen |                  |                  | Ost          | 70                                     |
| 3       | B214     | 4. Obergeschoss | 2                   | 2- Personen |                  |                  | West (Halle) | << 65                                  |
| 4       | B431     |                 | > 2                 | Besprechung |                  |                  | Ost          | 65                                     |
| 5       | B434     |                 | 1                   | 1 - Person  |                  |                  | West (Halle) | << 65                                  |
| 6       | B437     |                 | 2                   | 2- Personen |                  |                  | Ost          | 65                                     |

1) [Ed.Züblin AG: REG-Bericht 3.9.2]

### Außenklima zum Zeitpunkt der Messreihen

Die Kurzzeitmessungen erfolgten an drei verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Übergangszeit und Winter), um Aussagen des Komforts bei unterschiedlichen Außenklimaten zu erreichen. Dabei wurden am jeweiligen Messtag pro Raum drei Messreihen und drei Befragungen pro anwesenden Raumnutzer durchgeführt (vormittags, mittags und nachmittags).

Der Fragebogen ist im Wesentlichen auf die thermische Behaglichkeit fixiert und wurde auf Wunsch der Ed. Züblin AG um den Komfort des Schallschutzes erweitert.

An folgenden drei Tagen wurden die Nutzerkomfort-Messungen und Nutzerbefragungen umgesetzt:

| Messtage    |               |            | Wetterdaten EGS       |                 |                       | Info aus Messdatensatz Ed. Züblin AG <sup>2)</sup>           |                                  |
|-------------|---------------|------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--|----------------------------------|
| Jahres-zeit | Datum         | Tages-zeit | Messtag <sup>1)</sup> |                 | Vortage <sup>1)</sup> | Tage vor Messreihe (Mittelwert)                              | Tage nach Messreihe (Mittelwert) |
|             |               |            | Messtag               | Außentemp. [°C] | Außentemp. [°C]       |  |                                  |
| Sommer      | 06. Aug. 2008 | Morgens    | Sonnenschein          | 24              | 19 ... 22             | Datensätze lagen zum Zeitpunkt der EGS - Messreihe nicht vor |                                  |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | 25              | 21 ... 22             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Sonnenschein          | 27              | 23 ... 18             |  |                                  |
| Herbst      | 17. Okt. 2008 | Morgens    | Sonnenschein          | 6,4             | 13,3 ... 16           | 13,8 °C<br>87 % rel. LF                                      | 6,9 °C<br>97 % rel. LF           |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | 8,9             | 14,1 ... 18           |  |                                  |
|             |               | Abends     | Sonnenschein          | 11,8            | 13,9 ... 19           |  |                                  |
| Winter      | 13. Jan. 2009 | Morgens    | Sonnenschein          | -5,8            | -9,4 ... -14          | - 6,6 °C<br>94 % rel. LF                                     | - 0,4 °C<br>90 % rel. LF         |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | 2,7             | -2,5 ... -7           |  |                                  |
|             |               | Abends     | Sonnenschein          | 3,7             | -0,5 ... -3           |  |                                  |

1) [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22]

2) Siehe Messdatenreihe der Ed. Züblin AG, Abbildungen 3.11.2.1.-3

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG die Außentemperaturen gemessen. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. In den nachfolgenden Diagrammen 3.11.2.1.-3 sind die Wetterdatensätze vor und nach dem jeweiligen Messtag im Herbst bzw. Winter als Gesamtübersicht dargestellt. Die Mittelwerte für die Außentemperatur und relative Luftfeuchte sind in o.g. Tabelle, in den Spalten 7 und 8 zusammengefasst.

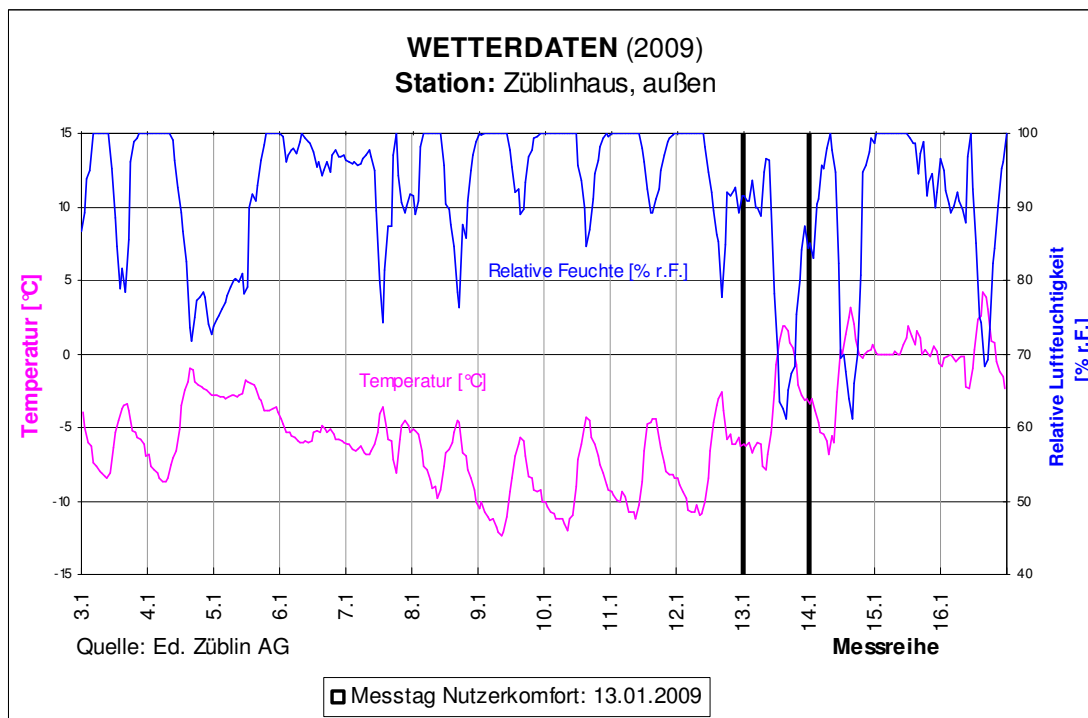
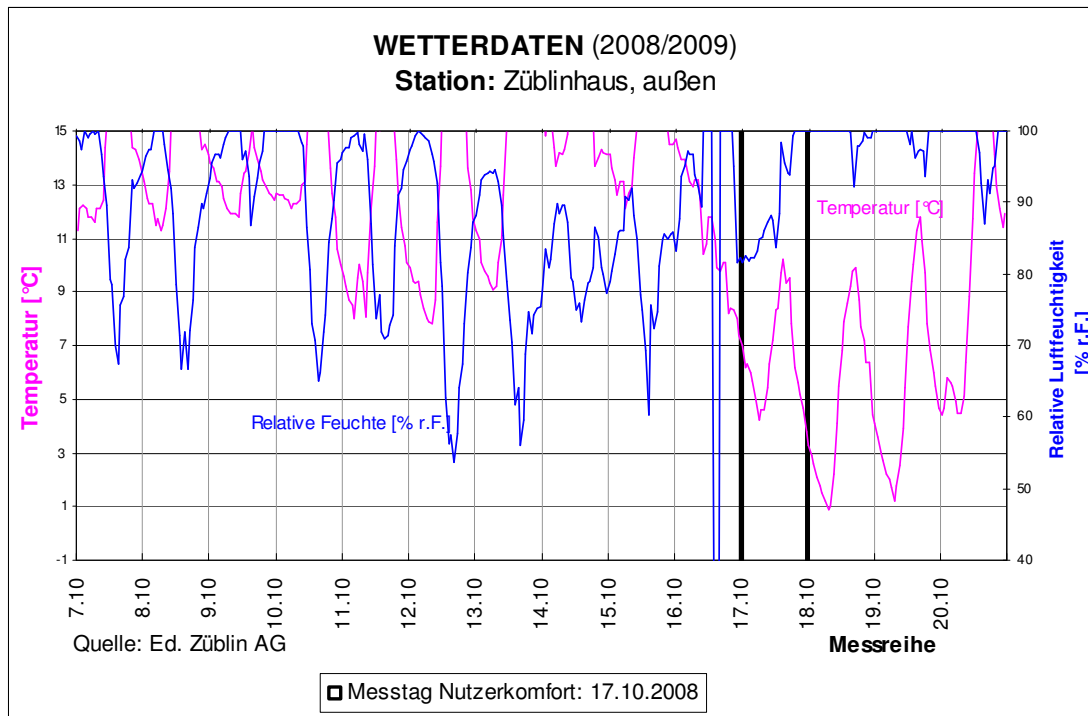


Abbildung 3.11.2.1.- 3: Wetterdaten im Zeitraum der Nutzerkomfort-Messungen [Quelle: Datenlogger Ed. Züblin AG]

Für die Messungen im Sommer liegt keine Messreihe zur Verfügung.

### Ergebnis der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] von EGS-Plan, sind im Abschlussbericht [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22], zusammengefasst, siehe Anlage 1 in diesem Bericht.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nutzerkomfort-Messungen eine Kurzaufnahme der Situation und keine Langzeitmessung darstellen.

#### **3.11.2.2 Ergänzende Auswertungen**

##### Gegenüberstellung der Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messergebnissen in ein gemeinsames Bewertungsdiagramm

Im Zuge der Nutzerkomfort-Untersuchung erfolgten Kurzzeit-Messungen durch EGS-Plan an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) mit jeweils drei Messreihen. Die hier gemessenen Werte für den thermischen Komfort nach DIN EN ISO 7730; die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Beleuchtungsstärke (LUX) unterliegen eigenständigen Bewertungs-Skalenwerten, die zum Teil aus den Messreihen rechnerisch ermittelt werden. Deshalb erfolgt die Auswertung und Einstufung in getrennten Diagrammen [siehe Anlage 1 zu diesem Bericht „EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009“]. Um eine gesamt einheitliche Betrachtung und Auswertung der verschiedenen Messergebnisse pro Raum zu erreichen, soll ein gemeinsames Bewertungsdiagramm erstellt werden.

##### Zielsetzung

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Übertragbarkeit der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen auf ein gemeinsames Bewertungsdiagramm.
- Folgende Bewertungskriterien sollen dabei betrachtet werden:
  - PMV - Index am Arbeitsplatz
  - PPD (%) - Index am Arbeitsplatz
  - Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Konzentration)
  - Zugluft (Draught Rating (%))

- Vergleichbarkeit der Bewertungskriterien pro Raum und Jahreszeit
- Vergleichbarkeit der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Auswertungen aus den Nutzerbefragungen zum Thema Nutzerkomfort

Umsetzung der Vergleichbarkeit

Für die gemeinsame Darstellung der unter Zielsetzung genannten Bewertungskriterien wird ein Bewertungsdiagramm vorgeschlagen, welches sämtliche Werte der jeweiligen Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen auf eine gemeinsame Skala übertragen lässt.

Folgende Tabellen stellen die unterschiedlichen Bewertungskriterien der oben genannten Messreihen dar.

Grenzwerte pro Kategorie im jeweiligen Bewertungskriterium

| Kategorie | PMV -I ndex   | PPD (%) - Index                    | CO <sub>2</sub> - Gehalt  | Zugluft Draught Rate (DR (%))      |
|-----------|---|------------------------------------|---|------------------------------------|
|           | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup>  | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> | nach DIN 1946-2 und MAK <sup>1)</sup>                             | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> |
|           | Skala:<br>7 stufig von +3 bis -3<br>D.h.:<br>0 = neutral<br>-1 bis +1: etw. kühl / warm<br>-2 bis +2: kühl / warm<br>-3 bis +3: kalt / heiß | Prozentualbewertung                | Eingruppierung in Anlehnung nach DIN 1946-2 und MAK <sup>2)</sup> | Prozentualbewertung                |
| <b>A</b>  | - 0,2 > PMV < + 0,2   | PPD (%) < 6 %                      | CO <sub>2</sub> < 1000 pm   | DR (%) < 10 %                      |
| <b>B</b>  | - 0,5 > PMV < +0,5  | 6 % ≤ PPD (%) ≤ 10 %               | 1000 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 1500 pm                               | 10 % ≤ DR (%) ≤ 20 %               |
| <b>C</b>  | - 0,7 > PMV < +0,7  | 10 % ≤ PPD (%) ≤ 15 %              | 1500 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 5000 pm                               | 20 % ≤ DR (%) ≤ 30 %               |
| <b>D</b>  | - 3,0 > PMV < +3,0  | 15 % < PPD (%)                     | 5000 pm < CO <sub>2</sub>   | 30 % < DR (%)                      |

Aussagen zum Nutzerkomfort pro Kategorie im jeweiligen Bewertungskriterium

| Kategorie | PMV -I ndex                                   | PPD (%) - Index   | CO <sub>2</sub> - Gehalt <sup>1)</sup> | Zugluft Draught Rate (DR (%))   |
|-----------|---|---|--|---|
|           | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup>            | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup>                        | nach DIN 1946-2 und MAK <sup>1)</sup>  | nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup>  |
|           | Aussage zum thermischen Komfort               | Prozentuale Aussage zur Anzahl der unzufriedenen Menschen | Luftqualität im Raum                   | Prozentual Aussage an Menschen die sich durch Zugluft beeinträchtigt fühlen |
| <b>A</b>  | <u>Höchster thermischer Komfort</u> (neutral) | Geringste Anzahl von unzufriedenen                        | Gute Luftqualität, keine Probleme      | Geringste Beeinträchtigung durch  |

|          |  | Menschen                                 |   | Zugluft                                |
|----------|--|--|---|--|
| <b>B</b> |  |  | Eingeschränkte Luftqualität<br>Geringe Überschreitung von Grenzwerten |  |
| <b>C</b> |  |  | Starke Überschreitung von Grenzwerten                                 |  |
| <b>D</b> | <u>Niedrigster thermischer Komfort</u><br>(heiß oder kalt) | Höchste Anzahl an unzufriedenen Menschen | Überschreitung der maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK)         | Höchste Beeinträchtigung durch Zugluft |

- 1) DIN EN ISO 7730: „Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit“; Mai 2006  
DIN 1946, Teil 2: Raumluftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln), 1994  
MAK = Maximale Arbeitsplatz-Konzentration eines Gases am Arbeitsplatz bei der keine Gesundheitsschäden entstehen
- 2) Einstufung gemäß EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22, Seite 9

Die oben aufgeführten vier Bewertungskriterien haben eine Gemeinsamkeit, dass die Messergebnisse in die Kategorien A, B, C und D eingeteilt werden.

Diese Kategorisierung bleibt für das gemeinsame Bewertungsdiagramm bestehen und die jeweiligen Skalierungen werden an die neue Skalenzuordnung (siehe nachfolgende zwei Tabellen) angepasst.

Beispiele:

| Messreihe | Wert (alt) |   | Wert (neu) | Kategorie<br>(alt und neu) |
|-----------|------------|---|------------|----------------------------|
| PPD (%)   | 6 %        | → | 10         | A                          |
|           | 8 %        | → | 15         | B                          |
|           | 12,5 %     | → | 25         | C                          |

Die Aussagen zum Nutzerkomfort pro Kategorie und Bewertungskriterium bleiben bestehen.

Beim PMV-Index ist zu beachten, dass durch die neue Skalenzuordnung die negativen PMV - Skalenwerte entfallen. Der Entfall verändert die Bewertung des thermischen Komforts nicht, lediglich die genaue Definition der Ursache (zu kalt oder zu warm) entfällt.

Bei allen drei Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG wurden - mit Ausnahme eines Raumes (Züblinhaus – A 358) generell positive PMV - Indexe berechnet, sodass sämtliche, ermittelten PMV-Werte über 0 auf ein zu warmes Klima hindeuten.

*Neue Skalenzuordnung pro Kategorie*

| <b>Kategorie</b> | <b>Neue Skalenzuordnung</b> | <b>PMV -Index</b><br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> | <b>PPD (%) - Index</b><br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> | <b>CO<sub>2</sub> - Gehalt<sup>1)</sup></b><br>nach DIN 1946-2 und MAK <sup>1)</sup> | <b>Zugluft Draught Rate (DR (%))</b><br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> |
|------------------|-----------------------------|---|--|--|--|
| <b>A</b>         | < 10                        | - 0,2 > PMV < + 0,2                                     | PPD (%) < 6 %  | CO <sub>2</sub> < 1000 pm  | DR (%) < 10 %  |
| <b>B</b>         | < 20                        | - 0,5 > PMV < +0,5                                      | 6 % ≤ PPD (%) ≤ 10 %   | 1000 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 1500 pm  | 10 % ≤ DR (%) ≤ 20 %   |
| <b>C</b>         | < 30                        | - 0,7 > PMV < +0,7                                      | 10 % ≤ PPD (%) ≤ 15 %  | 1500 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 5000 pm  | 20 % ≤ DR (%) ≤ 30 %   |
| <b>D</b>         | < 40                        | - 3,0 > PMV < +3,0                                      | 15 % < PPD (%)   | 5000 pm < CO <sub>2</sub>  | 30 % < DR (%)  |

Nachfolgende Abbildung 3.11.2.2.-4 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der jeweiligen Bewertungskriterien, abgeleitet aus den Messreihen.

Durch die Umskalierung ist ein gesamt einheitliche Bewertung und Einstufung des Raumes möglich.

Die Linienverbindungen zwischen den Kurzzeit-Ergebnissen wurden bewusst mit eingezogen, um eine schnellere Bewertung zu erleichtern.

Die Linien erheben nicht den Anspruch des tatsächlichen Tagesablaufs.

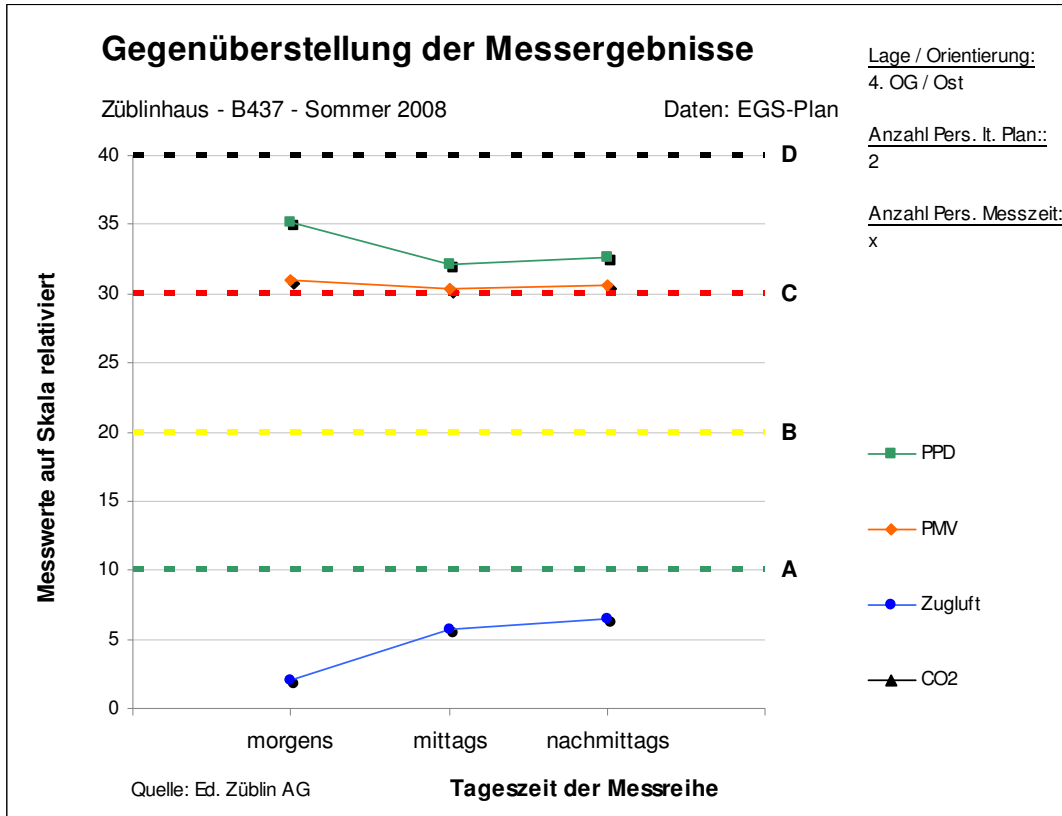


Abbildung 3.11.2.2.- 4:

Verlauf der unterschiedlichen Kurzzeit-Messergebnisse an einem Messtag im Sommer 2008, Raum B437

Aus dem Vergleich der Diagramme pro Raum oder Jahreszeit können Ursachen und Wertigkeiten abgeleitet werden.

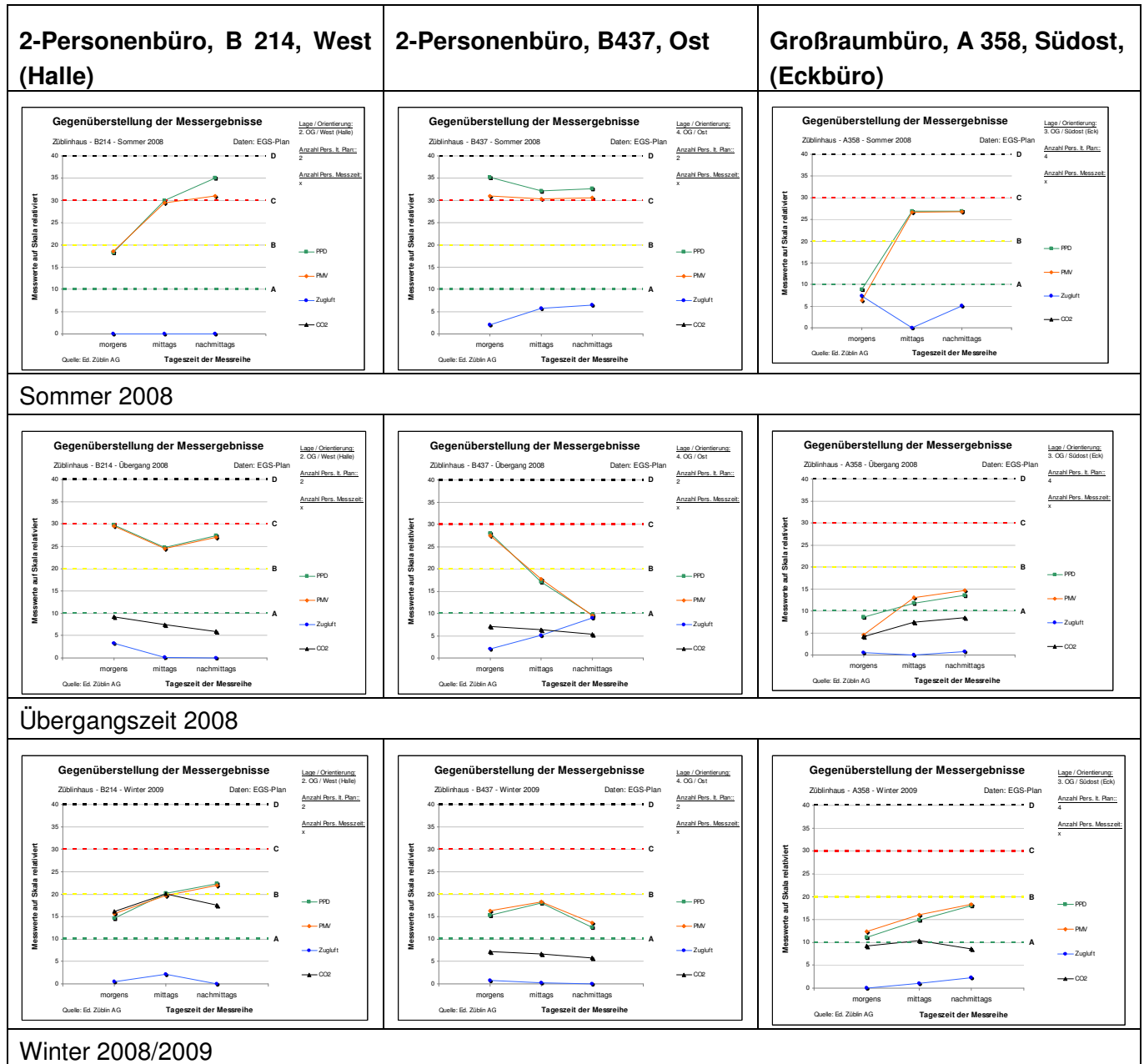


Abbildung 3.11.2.2.- 5: Gegenüberstellung der Kurzzeit-Messergebnisse von 3 ausgewählten Räumen pro Jahreszeit

Die Bewertungsdiagramme sind in Anlage 3 in Originalgröße dokumentiert und einlesbar.



### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Kurzzeit-Messreihen mit den unterschiedlichen Bewertungskriterien ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen der Nutzerbefragungsbögen (siehe Kap. 3.11.2.3 und 3.11.2.4) verglichen werden.

Für drei ausgewählte Mess-Räume wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Die Diagramme für alle drei Messtage sind in Kap. 3.11.2.2 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Der Vergleich zeigt, dass an allen Messtagen und bei allen drei Räumen die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Zugluftrate, trotz täglichen Schwankungen, unterhalb der Kategorie A bleiben.

Im Büroraum B437 (2-Personenbüro) ist sowohl im Sommer als auch in der Übergangszeit bereits in den frühen Morgenstunden ein niedrigerer thermischer Komfort zu verzeichnen (~ Kategorie C). Ursachen können an der fehlenden Nachtlüftung und/oder an der Anbindung zu zwei Nachbarbüros (Zwischentüren) sein.

Das Mehrpersonenbüro erreicht, trotz der höheren Anzahl an Personen im Raum oder der Südorientierung, durch gezielte und konsequente Lüftung und Verschattung der Nutzer den besten thermischen Komfort.

In keiner Messreihe wurde in einem Büro ein thermischer Komfort der Kategorie A erreicht.

### **3.11.2.3 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz**

#### Einleitung

Der Schallschutz wird bei der Ressourceneffizienz eines Gebäudes zweitrangig behandelt, obwohl der Schallschutz Auswirkungen auf die Behaglichkeit, die technische Qualität und somit Wertstabilität des Gebäudes hat [Brigitte Schulte-Fortkamp: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden; Bauphysikkalender 2009; A1].

Aus diesem Grund wurden bereits im Zuge der Nutzerbefragungen [EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009, Seiten 24, 29-30] zusätzliche Fragen zum Schallschutz an die Nutzer gestellt. Aussagen und Auswertungen über das subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema Schallschutz in Kombination mit den

klimatischen Gegebenheiten sind nicht erfolgt. Nachfolgende Auswertungen sollen diesen Vergleich aufgreifen.

### Zielsetzung

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Übertragbarkeit der wichtigsten Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz auf ein gemeinsames Bewertungsdiagramm
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz pro Raum und Jahreszeit
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz im Zusammenhang mit der in REG ermittelten Bewertungskurve, siehe Kap. 3.9.2
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz im Zusammenhang mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte / Nutzerbefragung), siehe Kap. 3.11.2.3 und 3.11.2.4.

### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Der Nutzerfragebogen stellt 5 Fragen an den Mitarbeiter zum Thema Schallschutz. Dabei stehen dem Mitarbeiter 7-Bewertungsstufen zur Verfügung, um sein subjektives Empfinden bewerten zu können:

10. Sind die **Geräusche** aus den benachbarten Büroräumen / Flur störend (Tür zu)?  ja  nein

stören mich sehr        gar nicht

[EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009, Seiten, 29-30, Fragen 9-13].

Für die Auswertung des Schallschutzes wurden durch EGS-Plan (siehe Anlage 2) die 7-Bewertungsstufen in 7 Skala-Einstufungen umgewandelt:

0 = Geräusche stören nicht bis 7 = Geräusche stören mich sehr

Für die Vergleichbarkeit mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort zum Zeitpunkt der Nutzerbefragung ist eine ergänzende Einstufung der Ergebnisse aus den Nutzerfragebögen in die Kategorien A, B, C und D sowie eine neue Skalazusordnung (0 bis 40) – analog Kapitel 3.11.2.2 und 3.11.2.4 - erforderlich.

*Nachfolgend neue Skalenzusordnung pro Kategorie*

| Neue Kategorie einföhrung | Neue Skalenzuordnung | Einstufung des subjektiven Empfindens zum Thema Schallschutz aus Fragenbogen | Aussagen zum Schallschutzkomfort |
|---------------------------|----------------------|--|----------------------------------|
| A                         | < 10                 | 0,00 < Einstufung ≤ 1,75   | 0 = Stört mich gar nicht         |
| B                         | < 20                 | 1,75 < Einstufung ≤ 3,50   |                                  |
| C                         | < 30                 | 3,50 < Einstufung ≤ 5,25   |                                  |
| D                         | < 40                 | 5,25 < Einstufung ≤ 7,00   | 7 = Stört mich sehr              |

Die Kategorieabstufungen A, B, C und D werden gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen (0 bis 7) verteilt, da mit Ausnahme der Stufen 0 und 7 keine weitere Wertigkeit beschrieben wurde.

Nachfolgende Abbildung 3.11.2.3.-6 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Schallschutz.

Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.2.3)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

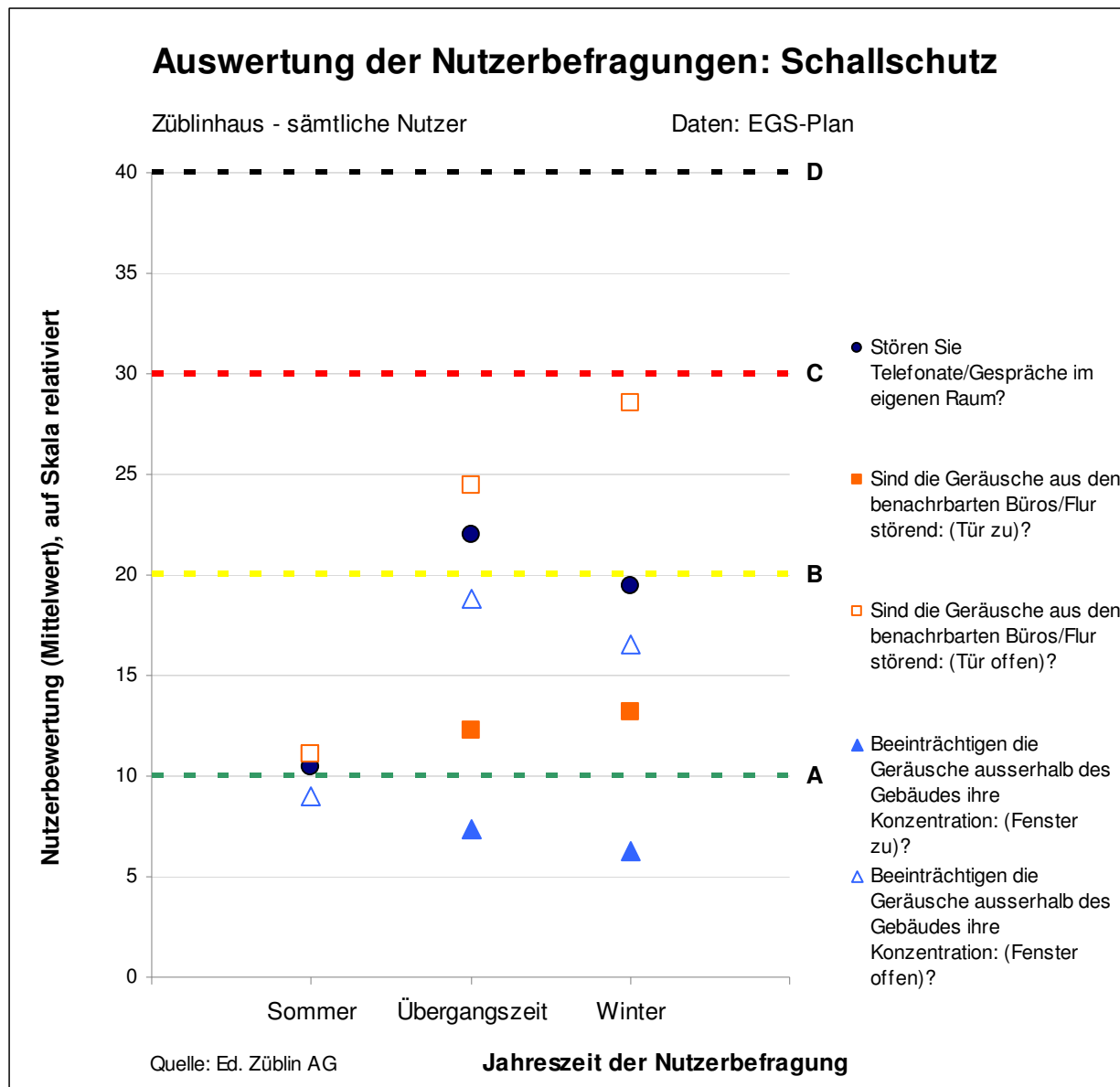


Abbildung 3.11.2.3.- 6

Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Schallschutz im Züblinhaus (3 Messtage)

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen zum aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte / Nutzerbefragung), siehe Kap. 3.11.2.2 und 3.11.2.4, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zum Thema Schallschutz wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.2.3 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass die Nutzer im Mittel im Sommer die einwirkenden Lärmpegel besser bewerten, als zu den anderen weniger sonnenreichen und warmen Jahreszeiten. D.h. die Toleranzgrenze ist im Sommer größer. Eine Ursache kann der niedrige thermische Komfort im Sommer sein, sodass die Konzentration der negativen Nutzerbewertung beim thermischen Komfort liegt. Die Abbildung 7 in Kap. 3.11.2.4 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) bestätigt diese Aussage zum Thema Nutzerbefragung und Empfindung der Raumtemperatur.

Den größten Störfaktor empfinden die Nutzer im Züblinhaus, im Gegensatz zu den Nutzern im Z-Zwo, bei den Geräuschen aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren. Die Ursache sind die schlechteren Schalldämmwerte der Bürotrennwände im Züblinhaus. Eine weitere Ursache könnten die geschlossenen, opaken Flurtrennwände sein, die keinen Sichtkontakt in die Flurbereiche gewähren. Die Trennwände im Z-Zwo bestehen aus Glas.

Als zweitgrößten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonaten) ein. Dieser Störpegel kann über ergänzende raumakustische Maßnahmen im Raum reduziert, jedoch nicht vollständig behoben, werden.

In Kap. 3.9.2.1. wurde eine Bewertungskurve für den qualitativen Schallschutz nach Norm erstellt. Die hier ermittelten Bewertungen stimmen mit den Ergebnissen der Nutzerbefragung überein.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränken sich oben genannte Auswertungen auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter). Eine weitere Auswertung der Nutzeraussagen pro Raum würden weitere individuellere Erkenntnisse und Aufschlüsse pro Raum ergeben, insbesondere im Zusammenhang mit den Messergebnissen aus Kap. 3.11.2.2

### **3.11.2.4 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht**

Der thermische Komfort wird bei Behaglichkeitsstudien vorrangiger behandelt als der Schallschutzkomfort.

Aussagen und Auswertungen über das subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema klimatische Gegebenheit in Kombination mit dem Schallschutz sind nicht erfolgt. Nachfolgende Auswertungen sollen diesen Vergleich aufgreifen.

#### Zielsetzung

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Übertragbarkeit der wichtigsten Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht auf ein gemeinsames Bewertungsdiagramm
- Folgende Nutzerbefragungen sollen betrachtet werden:
  - Raumtemperatur
  - Luftfeuchtigkeit
  - Luftqualität
  - Arbeitseffektivität
  - Gesamtzufriedenheit
  - Lichtqualität
  - Einflussmöglichkeit auf Raumklima
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht pro Raum und Jahreszeit
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht im Zusammenhang mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte, Kap. 3.11.2.2) und den Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz (Kap. 3.11.2.3).

#### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Für obengenannte Nutzerbefragungen (Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) stehen dem Mitarbeiter 2 Typen von Bewertungsstufen zur Verfügung, um sein subjektives Empfinden bewerten zu können:



**7-Skala-Einstufung, Bewertung parallel in 2 Richtungen**  
Skaleneinstufung: - 3,00 bis +3,00 (z.B. Heiß oder Kalt)  
Neutrale Bewertung= 0,00



**7-Skala-Einstufung, Bewertung abfallend**  
Skaleneinstufung: 0,00 bis +6,00  
Sehr gut = 0,00  
Neutrale Bewertung= + 3,00  
Sehr schlecht = + 6,00

1. Die Raumtemperatur empfinde ich im Moment als:

|             |             |                   |                |                   |             |             |
|-------------|-------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------|-------------|
|             |             |                   |                |                   |             |             |
| <i>kalt</i> | <i>kühl</i> | <i>etwas kühl</i> | <i>neutral</i> | <i>etwas warm</i> | <i>warm</i> | <i>heiß</i> |

2. Die Raumtemperatur möchte ich lieber:    kälter             weder / noch             wärmer

3. Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment als:

|                     |                |                      |                |                     |               |                    |
|---------------------|----------------|----------------------|----------------|---------------------|---------------|--------------------|
|                     |                |                      |                |                     |               |                    |
| <i>sehr trocken</i> | <i>trocken</i> | <i>etwas trocken</i> | <i>neutral</i> | <i>etwas feucht</i> | <i>feucht</i> | <i>sehr feucht</i> |

4. Wie hinderlich sind die klimatischen Bedingungen an ihrem Arbeitsplatz für die Arbeitseffektivität?

|                        |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                        |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| <i>sehr hinderlich</i> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <i>sehr förderlich</i> |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|

5. Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:

|                      |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                 |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| <i>sehr schlecht</i> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <i>sehr gut</i> |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|

[EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009, Seiten, 29-30, Auszug].

Für die Vergleichbarkeit mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort sowie Schallschutzkomfort zum Zeitpunkt der Nutzerbefragung ist eine ergänzende Einstufung der Ergebnisse aus den Nutzerfragebögen in die Kategorien A, B, C und D sowie eine neue Skalazurordnung (0 bis 40) – analog Kapitel 3.11.2.2 und 3.11.2.3 - erforderlich.

*Nachfolgend neue Skalenzuordnung pro Kategorie*

| Neue Kategorie einföhrung | Neue Skalenzuordnung | Einstufung des subjektiven Empfindens zum Thema „Raumtemperatur“ und „Luftfeuchtigkeit“<br>aus Fragenbogen <sup>1), 2)</sup> | Einstufung des subjektiven Empfindens zum Thema „Luftqualität, Arbeitseffektivität, Gesamtzufriedenheit, Lichtqualität und Einflussmöglichkeit auf Raumklima“<br>aus Fragenbogen <sup>4)</sup> |
|---------------------------|----------------------|--|--|
| A                         | < 10                 | -0,75 ≤ Einstufung ≤ +0,75   | 0,00 < Einstufung ≤ 1,50 <sup>3)</sup>   |
| B                         | < 20                 | -1,50 ≤ Einstufung ≤ +1,50   | 1,50 < Einstufung ≤ 3,00 <sup>3)</sup>   |
| C                         | < 30                 | -2,25 ≤ Einstufung ≤ +2,25   | 3,00 < Einstufung ≤ 4,50 <sup>3)</sup>   |
| D                         | < 40                 | -3,00 ≤ Einstufung ≤ +3,00   | 4,50 < Einstufung ≤ 6,00 <sup>3)</sup>   |

- 1) Durch die neue Skalenzuordnung entfallen die negativen Skalenwerte. Der Entfall verändert die Bewertung nicht, lediglich die genaue Definition der Ursache (z.B. zu kalt oder zu warm) entfällt
- 2) Die Kategorieabstufungen A, B, C und D werden gleichmäßig, wie Schulnoten über die Einstufungen verteilt, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen aus Spalte 4 zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B. A-Kategorie: -0,2 > PMV < +0,2 etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichende Kategorieabstufung ist in der Auswertung zu beachten.
- 3) SkalaEinstufung von EGS-Plan aufgrund der abfallenden Bewertungsaussage (sehr gut bis sehr schlecht) von -3,00 bis +3,00 auf 0,00 bis 6,00 abgeändert.
- 4) Die Kategorieabstufungen A, B, C und D werden gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt, da mit Ausnahme der Stufen 0 und 6 keine weitere Wertigkeit beschrieben wurde.

*Verbale Aussagen pro Kategorie und Nutzerfrage*

| Kategorie | Raumtemperatur empfinde ich im Moment:<br><br>1) | Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment:<br><br>1) | Luftqualität  | Einfluss auf Arbeitseffektivität | Gesamtzufriedenheit am Arbeitsplatz | Lichtqualität (Tageslicht) | Lichtqualität (Kunstlicht) | Einflussmöglichkeit auf Raumklima |
|-----------|--|--|---------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
|           | Aussagen aus Nutzerfragebögen                    |  |               |                                  |                                     |                            |                            |                                   |
| A         | neutral  | neutral  | Sehr gut      |                                  |                                     |                            |                            |                                   |
| B         | Etwas warm oder Etwas kühl                       | Etwas feucht / etwas trocken                       | gut           |                                  |                                     |                            |                            |                                   |
| C         | Warm / Kühl                                      | Feucht / trocken                                   | schlecht      |                                  |                                     |                            |                            |                                   |
| D         | Heiß / Kalt                                      | Sehr feucht / Sehr trocken                         | Sehr schlecht |                                  |                                     |                            |                            |                                   |



- 1) Die Kategorieabstufungen A, B, C und D werden gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen aus den Spalten 4-9 und Kap. 3.2 (Schallschutz) zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B: A-Kategorie:  $-0,2 > PMV < +0,2$  etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichende Kategorieabstufung ist in der Auswertung zu beachten.

Nachfolgende Abbildung 3.11.2.4.-7 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Klima und Licht.

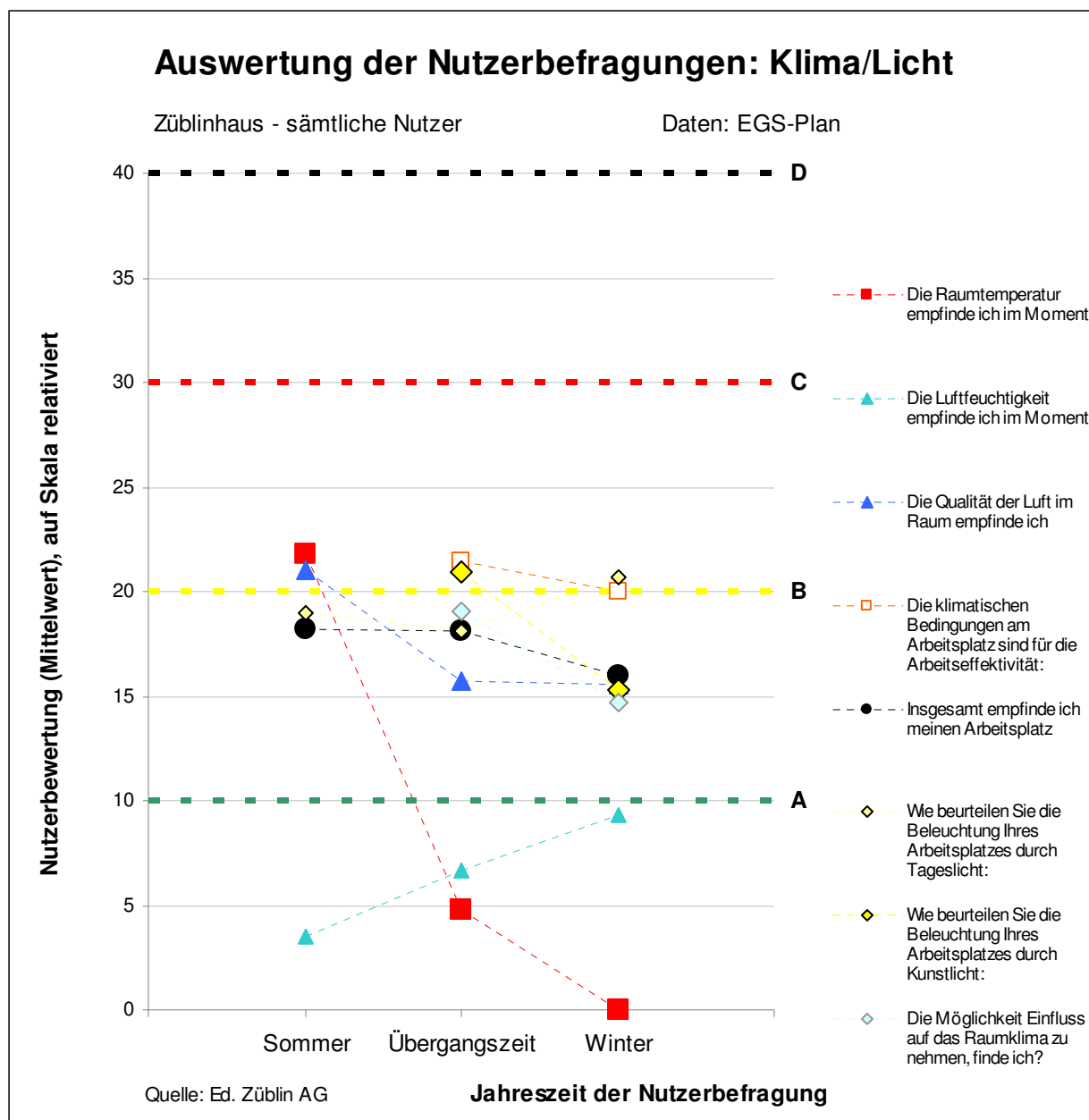


Abbildung 3.11.2.4.-7 Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Klima und Licht im Züblinhaus (3 Messtage). (Skaleneinteilung ist zu beachten!)

Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.2.2)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte, siehe Kap. 3.11.2.2) und Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz, siehe Kap. 3.11.2.3, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zu den Themen Klima und Licht wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.2.4 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass die Nutzerbewertungen zu den Themen Klima und Licht unabhängig von der Jahreszeit nur geringfügig schwanken. Die Ausnahme bildet die Frage nach der Empfindung zur Raumtemperatur. Hier ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.

Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumlufffeuchtigkeit. Dies entspricht den tatsächlichen Langzeitmessungen, siehe Anlage 4.

Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes ist über die Jahreszeiten gleichbleibend, obwohl im Sommer ein niedriger thermischer Komfort zu verzeichnen ist.

Die Arbeitseffektivität wird ca. eine halbe Kategorie schlechter bewertet als die Gesamtempfindung zum Arbeitsplatz. Die Arbeitseffektivität erhält die schlechteste Bewertung aller Einzelkriterien (~Kategorie B).

Zu beachten ist, dass die Kategorieabstufungen A, B, C und D gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt sind, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen aus den Spalten 4-9 und Kap. 3.11.2.3 (Schallschutz) zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B: A-Kategorie:  $-0,2 > PMV < +0,2$  etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichende Kategorieabstufung ist in der Auswertung zu beachten.

### 3.11.2.5 Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger

#### Einleitung und Zielsetzung

Im gemeinsamen Forschungsvorhaben Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen hat der Arge-Partner von Ed. Züblin AG: Bilfinger und Berger in seinen Forschungsprojekten ebenfalls Nutzerkomfortmessungen durchgeführt und daraus die PMV- und PPD (%) – Indexe (A bis D Kategorien) nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] rechnerisch ermittelt, siehe Kapitel 3.11.2.2

Im Gegensatz zu den Messreihen der Ed. Züblin AG beschränken sich die Messreihen zum Nutzerkomfort bei Bilfinger und Berger auf einen Messtag ohne Wiederholungsmessungen.

Nachfolgende Tabelle stellt die unterschiedlichen Vorgehensweisen zu den Messreihen gegenüber:

|   |   | <b>Bilfinger und Berger</b>      | <b>Ed. Züblin AG</b>   |
|---|---|----------------------------------|--|
| 1 | Durchgeführte Anzahl von Messtagen pro Raum     | Kurzzeit-Messungen an 1 Messtag  | Kurzzeit-Messungen an 3 Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) |
| 2 | Durchgeführte Anzahl von Messreihen pro Messtag | 1 Messreihe pro Raum und Messtag | 3 Messreihen pro Raum und Messtag (morgens, mittags, nachmittags)    |
| 3 | Anzahl der untersuchten Räume                   |                                  | 6 Räume pro Gebäude  |
| 4 | Parallel geführte Nutzerumfragen                | (nein)                           | ja   |

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Messreihen pro Raum, Tag und Jahreszeit können die aus den Messergebnissen rechnerisch ermittelten PMV - Indexe und PPD(%) - Indexe mit den Kategorieabstufungen A bis D nicht miteinander verglichen werden. D.h. der direkte Vergleich der Kategorieabstufungen pro Gebäude ist somit nicht anwendbar.

Aus diesem Grund hat Ed. Züblin AG mit Bilfinger und Berger gemeinsam Vergleichsdiagramme pro Jahreszeit festgelegt, um die Messergebnisse im Rahmen des Forschungsvorhabens aller sechs Forschungsvorhaben, vergleichbar werden zu lassen. Des Weiteren sollen in den Diagrammen die unterschiedlichen Messtage (Sommer, Übergangszeit und Winter) und Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags) differenziert dargestellt werden, damit die richtigen Werte pro Jahres- und Tageszeit abgelesen und verglichen werden können.

Ed. Züblin AG hat neben den Kurzzeit-Messungen die Langzeitmessungen (Raumlufttemperatur, relative Raumluftfeuchte, Außenlufttemperatur) in die gemeinsam festgelegten Auswertungsdiagrammen übertragen. Dadurch erfolgt in den Züblin - Diagrammen

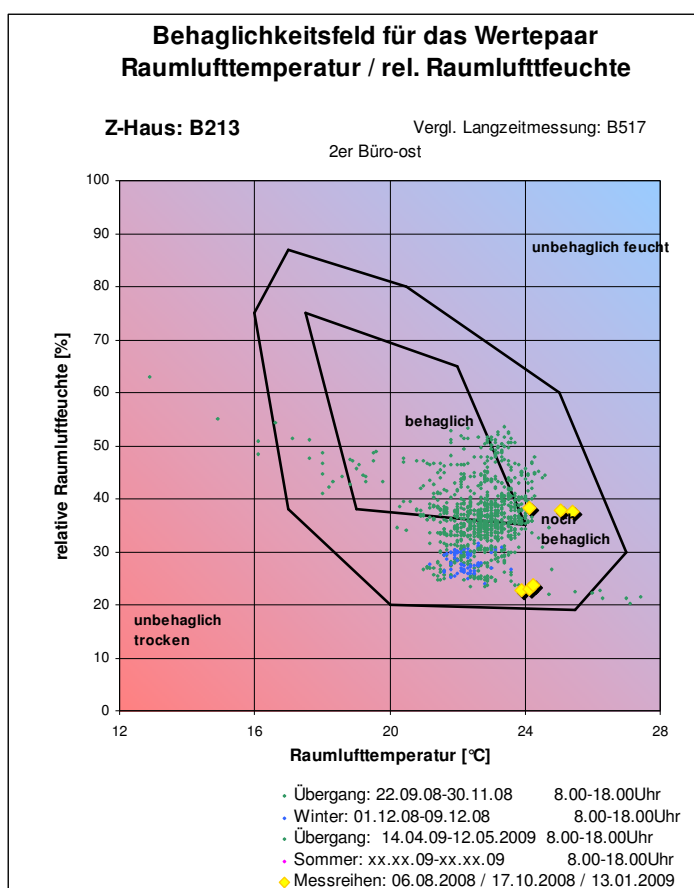
neben den Kurzzeit-Messungen eine Langzeitbetrachtung der Temperaturen und relativen Raumluftfeuchten pro Raum.

### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Für die Vergleichbarkeit des Nutzerkomforts wurden folgende Diagramme mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte

Darstellung der Ergebnisse in Behaglichkeitsfeldern für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach F.P. Leusden und H. Freymark [Leusden, Freymark: Darstellung der Raumbehaglichkeiten für den einfachen praktischen Gebrauch. Gesundheits-Ingenieur Jahrgang 72, Seite 271, 1951], siehe Abbildung 3.11.2.5-8.



Die Raumtemperaturen werden in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte dargestellt und in 4 Behaglichkeitsfelder eingeteilt (behaglich, noch behaglich, unbehaglich feucht, unbehaglich trocken). Im Temperaturbereich von 18 bis 24 °C darf die Luftfeuchte in dem verhältnismäßig großen Bereich von 35% bis 75% schwanken, ohne dass dies als unbehaglich empfunden wird. „Die häufig beklagte „Lufttrockenheit“ bei Werten der relativen Luftfeuchte unter 30% ist nicht auf den geringen Wassergehalt der Luft, sondern auf verschwelte Staubteilchen in der Luft, die die Atmungsorgane reizen, zurückzuführen“ [Lehrbuch der Bauphysik, Teubnerverlag, 1989, Seite 129].

Abbildung: 3.11.2.5.- 8: Behaglichkeitsfeld für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach Leusden und Freymark (sitzende Tätigkeit, am Beispiel des Raums B213, Züblinhaus)

In Anlage 4 sind die Messergebnisse für das Wertepaar Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchte in oben beschriebene Behaglichkeitsfelder pro Raum und Jahreszeit-Messreihe (Übergangszeit und Winter) gegenüber gestellt.

Zum Zeitpunkt der Sommer – Messreihe (EGS-Plan) wurden im Züblinhaus keine relativen Raumluftfeuchte gemessen, daher liegen die Behaglichkeitsfelder ab der Messreihe Übergangszeit vor.

Lagen für die Räume mit Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) keine direkten Langzeitmessungen im Raum vor, so wurden den Behaglichkeitsfeldern die Langzeitmessergebnisse von Vergleichsräumen mit ähnlicher Nutzung und Orientierung zu geordnet, siehe hierzu die Gegenüberstellung in Anlage 4, Deckblatt.

Die Langzeitmessergebnisse wurden die Jahreszeiten in folgende Zeiträume eingruppiert:

| Jahreszeit    | Zeitraum                                       | Anmerkungen  |
|---------------|--|--|
| Sommer        | bis 15. 09.2008                                | In der Regel liegen hierfür keine Messeergebnisse vor  |
| Übergangszeit | 16.09. bis 30.11.2008<br>01.03. bis 31.05.2009 | Fehlende Datensätze in Behaglichkeitsfeldern = nicht verwertbare Messergebnisse, siehe hierzu gesondertes Kap. 3.7.0.0. (Messtechnik)                          |
| Winter        | 01.12. bis 31.12.2008<br>01.01. bis 28.02.2009 |  |
| Sommer        | 01.06. bis 15.09.2009                          | Messreihen soweit vorhanden ergänzend für Vergleichs-Orientierung aufgenommen. Zeitraum entspricht nicht dem gleichen Jahr der Kurzzeit-Messung (Sommer 2008). |

Die Langzeitmessungen erfolgten im Viertelstunden-Takt pro Stunde. D.h. pro Tag ergeben sich 96 Messpunkte.

Für die Auswertungen in den Behaglichkeitsfeldern erfolgte eine Kappung der Tagesmessung wie folgt:

- Beschränkung der Ergebnisse auf die Arbeitszeit (8-18.00 Uhr) sowie
- Reduzierung Ergebnisse auf einen Wert pro Stunde.
- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730  
Graphische Darstellung der rechnerisch ermittelten A bis D Kategorieabstufungen des Nutzerkomforts in Anlehnung nach Fanger [Fanger, P.O.: Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental engineering, Robert E. Krieger Publishing company, Malabr Flrida, 1982] und DIN EN ISO 7730.

Mit Hilfe des Fanger Kurvenmodells lassen sich aus den rechnerisch ermittelten PMV-Indexe (Klimabeurteilung) die vorhergesagten Prozentsätze der Unzufriedenen (PPD (%)) –

Index) bei einem bestimmten Umgebungsklima ableiten, siehe hierzu nachfolgende Abbildung 3.11.2.5.-9.

Das zusätzliche Mayer Kurvenmodell wird vergleichend in unten genannte Abbildung aufgenommen. [Mayer, E.: Zulässige Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Turbulenzgrad und Raumtemperatur in klimatisierten Räumen, Abschlussbericht Forschungsvereinigung für Luft- und Trochnungstechnik e.V., 3/1/73/94, Frankfurt/Main, 1994].

### Züblin Haus

### Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve

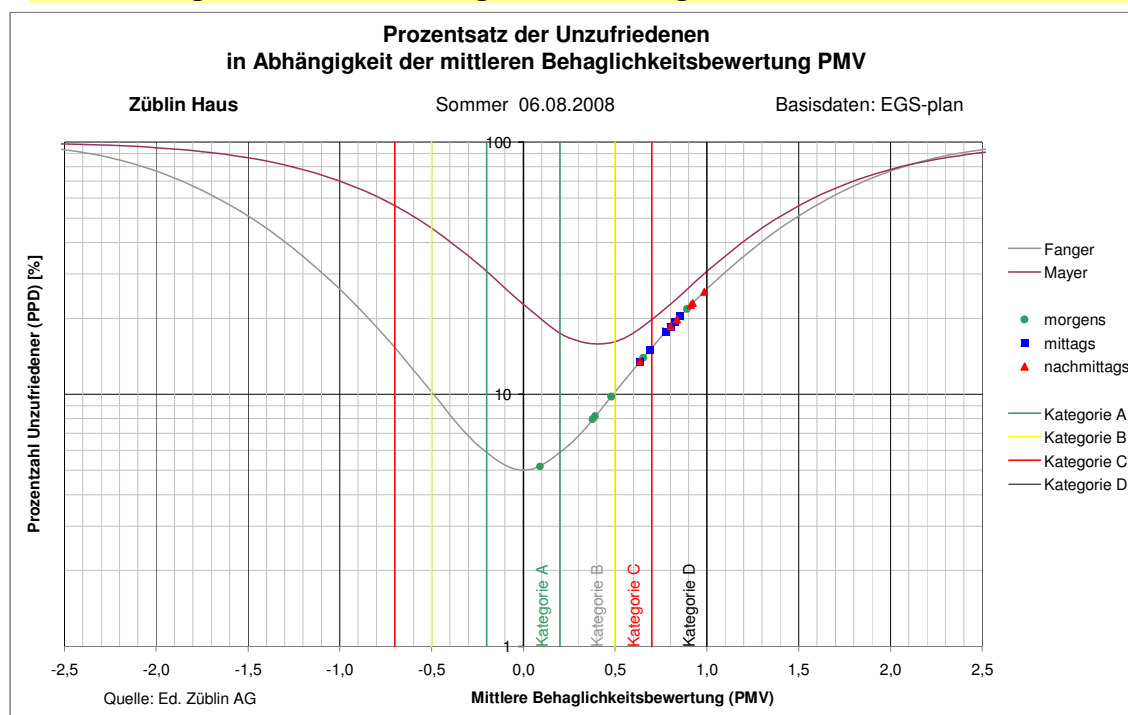


Abbildung: 3.11.2.5.- 9:

Vorhergesagter Anteil Unzufriedener (PPD(%)) in Abhängigkeit vom vorhergesagten mittleren Votum (PMV) nach Fanger (1982) und Mayer (1998), inkl. Eintrag der Kurzzeitmessungen im Züblinhaus, pro Raum und Tageszeit (Jahreszeit Sommer) auf Kurvenmodell Fanger.

Mayer hat in einer eigenen Feldstudie festgestellt, dass das Optimum des PVM bei +0,4 mit einem Mindestanteil von 16% Unzufriedener liegt. D.h. nach Mayer wird das Optimum an Behaglichkeit zwischen neutral und leicht warm gesehen. Er stellte fest, dass bereits ein PMV-Index von -1 (leicht kühl) als unbehaglich eingestuft wird. Aus dieser Erkenntnis hat Mayer die Kurve von Fanger modifiziert. Beide Kurvenmodelle beziehen sich auf klimatisierte Räume.

In der Doktorarbeit von Hellwig, Runa Tabea [Hellwig, R. T.: Thermische Behaglichkeit, Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht] erfolgten hierzu weitere Studien.

Basierend auf den Auswertungen von EGS-Plan (Anlage 1), die sich aus dem Kurvenmodell nach Fanger beziehen, wurden die Ergebnisse auf die Fangerkurve im oben genannten Diagramm übertragen.

In Anlage 5 sind die Diagramme pro Gebäude und Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit und Winter) dargestellt. Die Auswertungen über die Tageszeit sind farblich abgegrenzt, sodass eine Gesamtauswertung pro Gebäude und Jahreszeit möglich ist.

▪ **Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2**

Die Kurzzeitmessungen der Raumlufttemperatur werden gegenüber der Außenlufttemperatur aufgetragen und hinsichtlich der Grenzen der DIN 1946 [DIN 1946, Teil 2: Raumlufttechnik, Gesundheitliche Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln), 1994] ausgewertet, siehe Abbildung 3.11.2.5.-10.

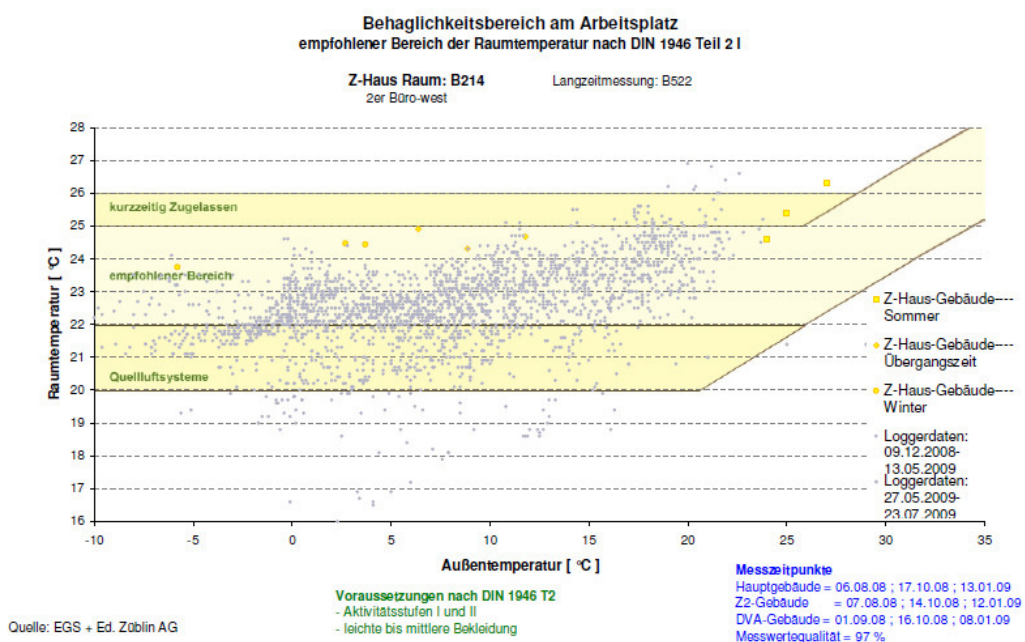


Abbildung: 3.11.2.5.- 10: Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2.

Die DIN 1946-2 bezieht sich zwar auf Räume mit raumlufttechnische Anlagen und wurde von der DIN EN 13779 [DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden -Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme, 2007-09] abgelöst.



In Rücksprache mit EGS-Plan wurden die Auswertungen nach der alten DIN 1946-2 empfohlen. Dadurch lassen sich die zusätzlichen Auswertungsdiagrammen nach DIN 1946-2 mit den Langzeitmessungen von Ed. Züblin AG (siehe Anlage 6) mit den bereits erfolgten Auswertungsergebnissen von EGS-Plan nach DIN 1946-2 im Abschlussbericht, Anlage 1 vergleichen.

Der Übertrag der Langzeitmessergebnisse erfolgte nach dem gleichen Prinzip wie bei den oben erwähnten Behaglichkeitsfeldern (Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte).

### Auswertung und Fazit

Die Auswertungen der Vergleichsdiagramme ergeben folgende Ergebnisse

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte (Anlage 4)

Zum Zeitpunkt der Kurzzeitmessungen in der Übergangszeit und im Winter sind die Räume als „noch behaglich“ einzustufen. In zwei Messräumen grenzen die Messwerte im Winter im Behaglichkeitsbereich „unbehaglich trocken“.

Für die Langzeitmessungen liegen keine kontinuierlichen Messergebnisse vor (siehe Wolkenbilder in Anlage 4). Daher können hier nur Tendenzen abgeleitet werden.

In der Winterperiode befinden sich die Messräume mit Langzeitmessungen vorwiegend im Behaglichkeitsfeld „noch behaglich“ während in der Übergangszeit zum Teil ein behagliches Umfeld mit den Wertepaaren Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchte erreicht wird.

- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730 (Anlage 5)

Die Kurzzeitmessungen im Sommer ergeben spätestens ab der Mittagszeit eine vorhergesagte Unzufriedenheit von 15 bis 25 %, gemäß Fanger Kurvenmodell.

Die Unzufriedenheit sinkt im Winter auf 8 bis 12 % ab der Mittagszeit zurück. Dies entspricht

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

- Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2 (Anlage 6)

Die Kurzzeitmessungen in den drei Jahreszeiten Sommer, Übergangszeit und Winter sowie die Langzeitmessungen ergeben, dass die Raumtemperaturen in allen Räumen überwiegend im empfohlenen Behaglichkeitsbereich liegen.



Die Kurzzeitmessungen im Sommer überschreiten zum Teil den empfohlenen Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946, Teil 2.

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

### **3.11.2.6 Fazit**

Zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas wurde EGS-Plan beauftragt unterschiedliche Messungen gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] durchzuführen, unter anderem die Temperatur, die relative Raumluftfeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

Die Kurzzeit-Messungen erfolgten an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) mit jeweils drei Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags). Parallel erfolgten Nutzerbefragungen unter anderem zu den Themen Klima, Licht und Schallschutz, um das subjektive Empfinden der Nutzer zu ermitteln.

Um eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung sämtlicher Bewertungskriterien und Nutzerbefragungen pro Raum und Jahreszeit sowie eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Ergebnissen aus den Nutzerbefragungen zu den Themen Schallschutz und Nutzerkomfort zu erreichen, hat die Ed. Züblin AG die Ergebnisse von EGS-Plan weiter ausgewertet. Dabei wurden die Messergebnisse und Nutzeraussagen neu skaliert und in Gesamtdiagrammen zusammengefasst:

Aussagen und Auswertungen über das subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema Schallschutz in Kombination mit den klimatischen Gegebenheiten erfolgten von EGS-Plan nicht. Daher wurde die Auswertung im oben genannten Vergleich aufgegriffen.

Die Auswertungsergebnisse von EGS-Plan sind dem Abschlussbericht in Anlage 1 zu entnehmen. Die Vorgehensweise und Auswertungsergebnisse von Ed. Züblin AG sind den Kapiteln 3.11.2.2 (Kurzzeit-Messungen zum Nutzerkomfort), 3.11.2.3 (Nutzerbefragung Schallschutz) und 3.11.2.4 (Nutzerbefragung Klima/Licht) zu entnehmen.

Zum Schluss wurden die Messergebnisse, in gemeinsam mit Bilfinger und Berger festgelegte Behaglichkeitsfelder und Behaglichkeitskurven übertragen, die ermöglichen, dass die sechs

Verwaltungsgebäude des Forschungsvorhabens bezüglich Ihres Nutzerkomforts bewertet und verglichen werden können (Anlagen 4 bis 6).

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG Langzeitmessungen von Raumlufttemperaturen durchgeführt. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. Um die Kurz-Zeitmessungen mit den Langzeitmessungen vergleichen zu können, wurden die Langzeitmessungen in die oben genannten Behaglichkeitsfelder übertragen und ausgewertet (Anlagen 4 und 6).

Die Vorgehensweise mit Auswertungsergebnissen von Ed. Züblin AG ist in Kapitel 3.11.2.5 beschrieben.

### 3.11.3 Z-zwo

#### 3.11.3.1 Nutzerkomfort-Messungen

##### Gebäudespezifische Randbedingungen

Der 6-stöckige Verwaltungsbau aus dem Jahr 2002 grenzt im Norden an eine verkehrsreiche Straße, deren Hauptfassadenflächen ost- bzw. westorientiert sind.

In der nachfolgenden Abbildung 3.11.3.1.-1 ist die Lage des Gebäudes an die Vaihinger Straße dargestellt.

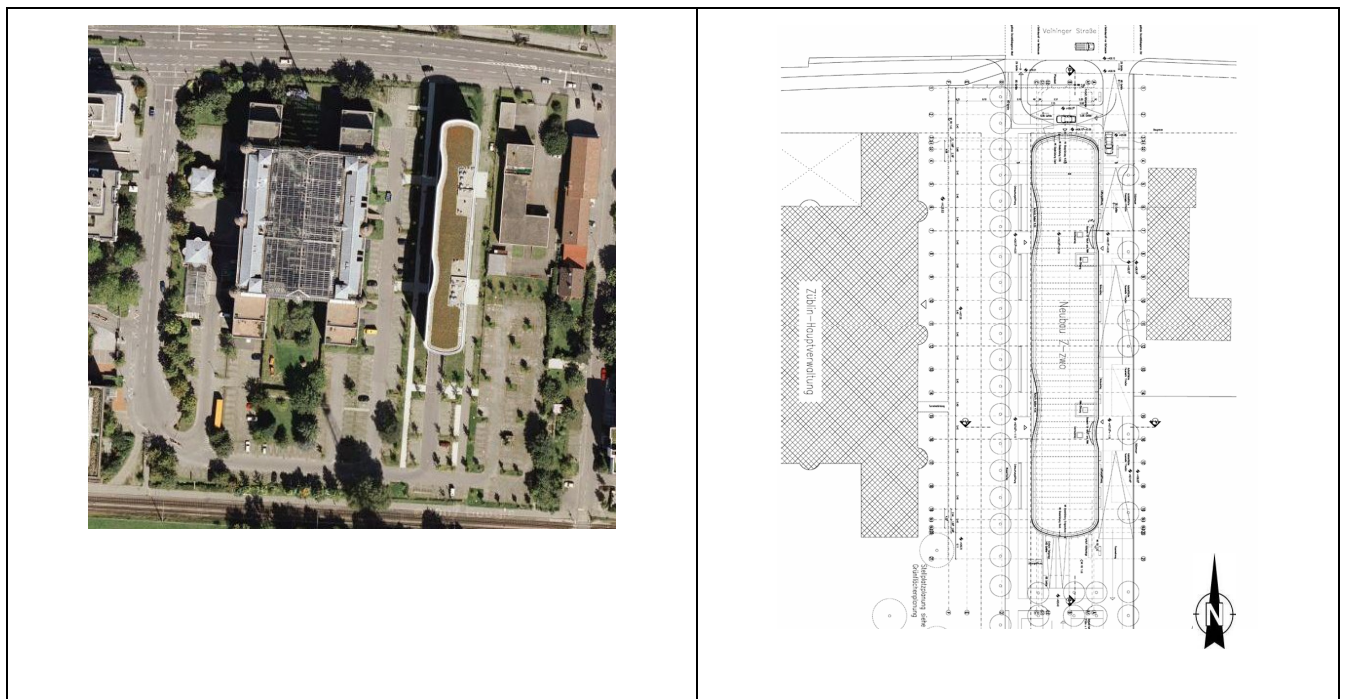


Abbildung 3.11.3.1.- 1: Lageplan des Z-Zwo mit Anbindung an die Vaihinger Straße im Norden

Folgende für die Behaglichkeit relevanten Randbedingungen für das Z-Zwo sind:

***Baukonstruktion:***

Massive, 28 cm starke Betondecken, in der Regel ohne abgehängte Decken, aufgrund der geplanten Nachtluftkühlung.

Die Fassade besteht im Erdgeschoss aus einer Pfostenriegelkonstruktion und in den Obergeschossen aus einer massiven Brüstung und aus Fensterbändern. Der Fensterflächenanteil, bezogen auf die äußere Fassadenfläche, beträgt fast 100% im Erdgeschoss und ca. 70% in den Obergeschossen.

Der Innenausbau besteht aus Hohlraumböden, Glas-Systemtrennwänden und Gipskartonständerwänden.

***Heizung/Kühlung/Lüftung:***

Die Räume werden am Tag manuell über gekippte Fensterelemente be- und entlüftet.

Die Beheizung erfolgt über freie Heizflächen.

Eine Kühlung in den Büroräumen liegt nicht vor. Eine Kühlung durch Nachtluft erfolgt durch mechanische Öffnung der Fensterelemente in den frühen Morgenstunden.

***Tages-/Kunstlicht:***

Tageslichtabhängige Beleuchtung.

***Verschattung:***

Mechanisch gesteuerte Außenlamellen.

***Nutzung:***

Typische Büro-Mischbauweise, d.h. vom 1-Personenbüro bis Großraumbüro. Vorherrschend jedoch 2-Personenbüros, die vom Flurbereich durch Glas-Systemtrennwände getrennt sind.

***Schallschutz:***

Die nördlich gelegenen Büroräume sind vom Außenlärm am stärksten betroffen. Im Innenbereich werden die Mindestanforderungen an den Schallschutz gegen Fremd- und Eigenbereiche nach DIN 4109 [Hochbau im Schallschutz, 1989-11] erfüllt.

Messvorgang der externen Nutzerkomfort - Messung nach DIN EN ISO 7730

Gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] wurden zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas unterschiedliche Messungen durchgeführt, unter anderem die Temperatur, die relative Raumlufffeuchte, die

horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

„Aufgrund des aufwendigen Messaufbaus wurde ein mobiles Gerät für Kurzzeitmessungen an verschiedenen Arbeitsplätzen in den Gebäuden eingesetzt“ [EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009; Seite 8].

#### Messstellen der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

In nachfolgender Abbildung 3.11.3.1.-2 sind sämtliche Messorte der durchgeführten Nutzerkomfort - Messungen aufgeführt.

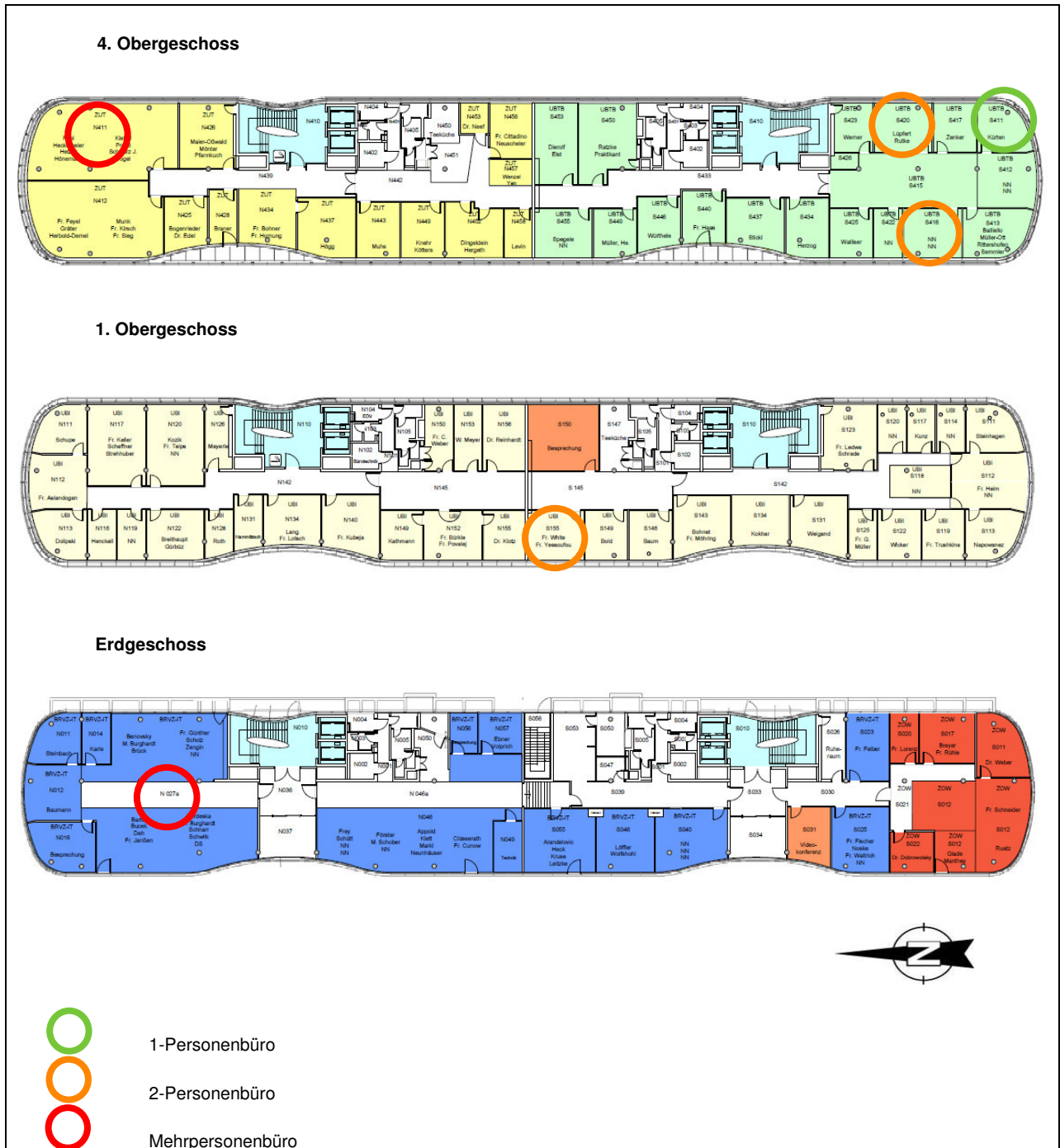


Abbildung 3.11.3.1.- 2: Messorte der Nutzerkomfort-Messungen – Z-Zwo

In nachfolgender Tabelle sind die wichtigsten Randbedingungen der jeweiligen Räume zusammengefasst:

| Lfd.Nr. | Raum-Nr. | Geschoss        | Max. Belegungs-zahl | Bürotyp     | Ausführung Decke | Lichte Raum-höhe | Orientierung | Maßgebl. Außen-lärmpegel <sup>1)</sup> |
|---------|----------|-----------------|---------------------|-------------|------------------|------------------|--------------|--|
| [-]     | [-]      | [-]             | [Personen]          | [-]         | [-]              | [m]              | [-]          | [dB (A)]                               |
| 1       | N027     | Erdgeschoss     | 15                  | Großraum    | massiv           | 4,02             | Ost - West   | 70                                     |
| 2       | S155     | 1. Obergeschoss | 2                   | 2- Personen |                  | West             | 65           |  |
| 3       | N411     | 4. Obergeschoss | 8                   | Großraum    |                  | Nord / Ost       | 70 bis 74    |  |
| 4       | S411     |                 | 1                   | 1- Personen |                  | Ost / Süd        | 65           |  |
| 5       | S416     |                 | 2                   | 2- Personen |                  | West (südl.)     |              |  |
| 6       | S420     |                 | 2                   | 2- Personen |                  | Ost              |              |  |

1) [Ed.Züblin AG: REG-Bericht 3.9.3]

### Außenklima zum Zeitpunkt der Messreihen

Die Kurzzeitmessungen erfolgten an drei verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Übergangszeit und Winter), um Aussagen des Komforts bei unterschiedlichen Außenklimaten zu erreichen. Dabei wurden am jeweiligen Messtag pro Raum drei Messreihen und drei Befragungen pro anwesenden Raumnutzer durchgeführt (vormittags, mittags und nachmittags).

Der Fragebogen ist im Wesentlichen auf die thermische Behaglichkeit fixiert und wurde auf Wunsch der Ed. Züblin AG um den Komfort des Schallschutzes erweitert.

An folgenden drei Tagen wurden die Nutzerkomfort-Messungen und Nutzerbefragungen umgesetzt:

| Messtage    |               |            | Wetterdaten EGS       |                 |                       | Info aus Messdatensatz Ed. Züblin AG <sup>2)</sup>           |                                  |
|-------------|---------------|------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--|----------------------------------|
| Jahres-zeit | Datum         | Tages-zeit | Messtag <sup>1)</sup> |                 | Vortage <sup>1)</sup> | Tage vor Messreihe (Mittelwert)                              | Tage nach Messreihe (Mittelwert) |
|             |               |            | Messtag               | Außentemp. [°C] | Außentemp. [°C]       |  |                                  |
| Sommer      | 07. Aug. 2008 | Morgens    | Sonnenschein          | 25              | 24 ... 19             | Datensätze lagen zum Zeitpunkt der EGS - Messreihe nicht vor |                                  |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | 29              | 25 ... 21             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Leichter Regen        | 29              | 27 ... 24             |  |                                  |
| Herbst      | 14. Okt. 2008 | Morgens    | Sonnenschein          | 17,7            | 12 ... 11             | 12,3 °C<br>90 % rel. LF                                      | 9,9 °C<br>94 % rel. LF           |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | 17,8            | 17 ... 18             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Leichte Bewölk        | 18,0            | 19 ... 20             |  |                                  |
| Winter      | 12. Jan. 2009 | Morgens    | Sonnenschein          | -9,4            | -14 ... -12           | - 6,2 °C<br>94 % rel. LF                                     | 0,4 °C<br>88 % rel. LF           |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | -2,5            | -7 ... -7             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Sonnenschein          | -0,5            | -3 ... -2             |  |                                  |

3) [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22]

4) Siehe Messdatenreihe der Ed. Züblin AG, Abbildungen 3.11.3.1.-3

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG die Außentemperaturen gemessen. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. In den nachfolgenden Diagrammen 3.11.3.1.-3 sind die Wetterdatensätze vor und nach dem jeweiligen Messtag im Herbst bzw. Winter als Gesamtübersicht dargestellt. Die Mittelwerte für die Außentemperatur und relative Luftfeuchte sind in o.g. Tabelle, in den Spalten 7 und 8 zusammengefasst.



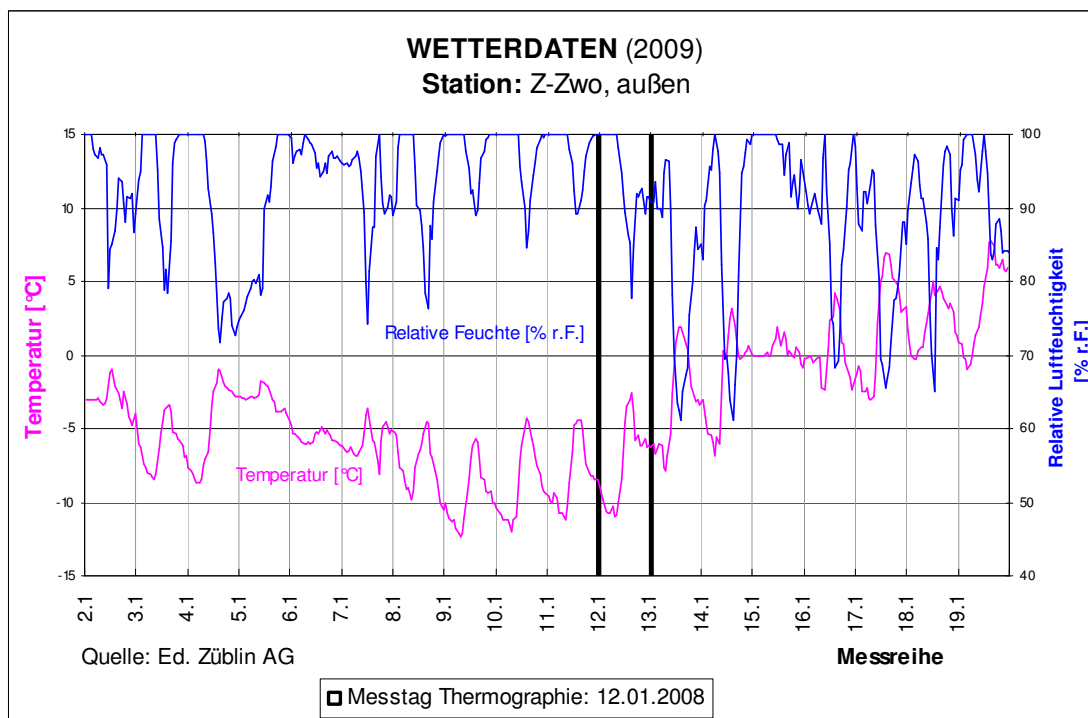
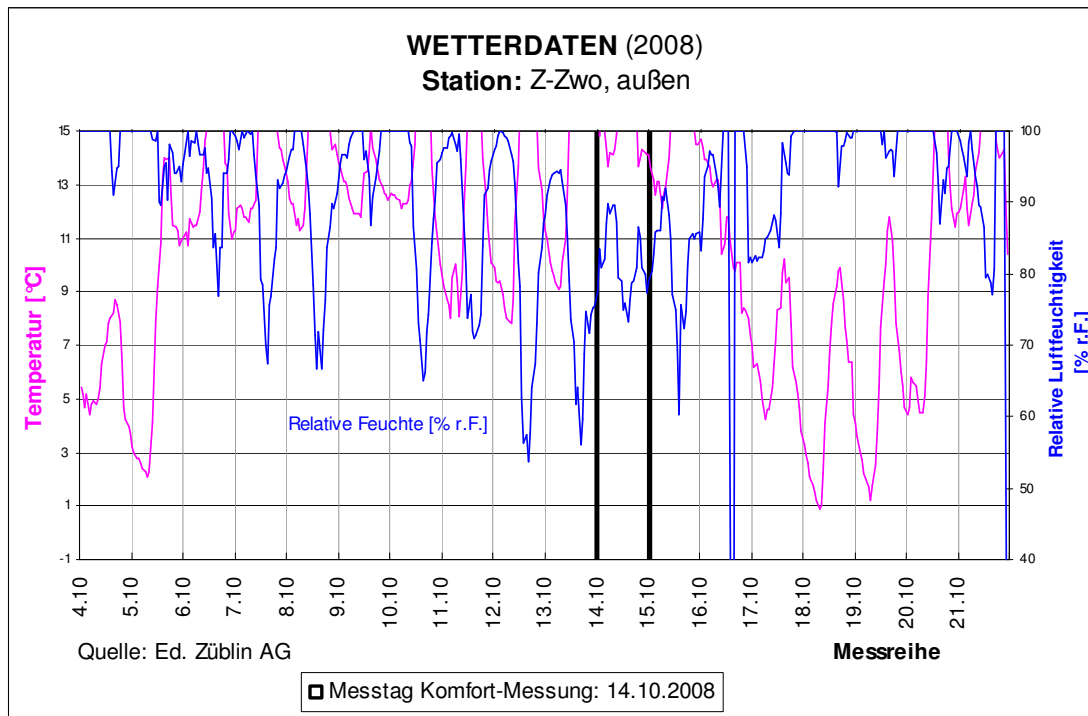


Abbildung 3.11.3.1.- 3: Wetterdaten im Zeitraum der Nutzerkomfort-Messungen [Quelle: Datenlogger Ed. Züblin AG]

### Ergebnis der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] von EGS-Plan, sind im Abschlussbericht [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22], zusammengefasst, siehe Anlage 1 in diesem Bericht.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nutzerkomfort-Messungen eine Kurzaufnahme der Situation und keine Langzeitmessung darstellen.

#### **3.11.3.2 Umsetzung der Vergleichbarkeit**

Nachfolgende Abbildung 3.11.3.2.-4 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der jeweiligen Bewertungskriterien, abgeleitet aus den Messreihen.

Durch die Umskalierung ist ein gesamt einheitliche Bewertung und Einstufung des Raumes möglich.

Die Linienverbindungen zwischen den Kurzzeit-Ergebnissen wurden bewusst mit eingezogen, um eine schnellere Bewertung zu erleichtern.

Die Linien erheben nicht den Anspruch des tatsächlichen Tagesablaufs.



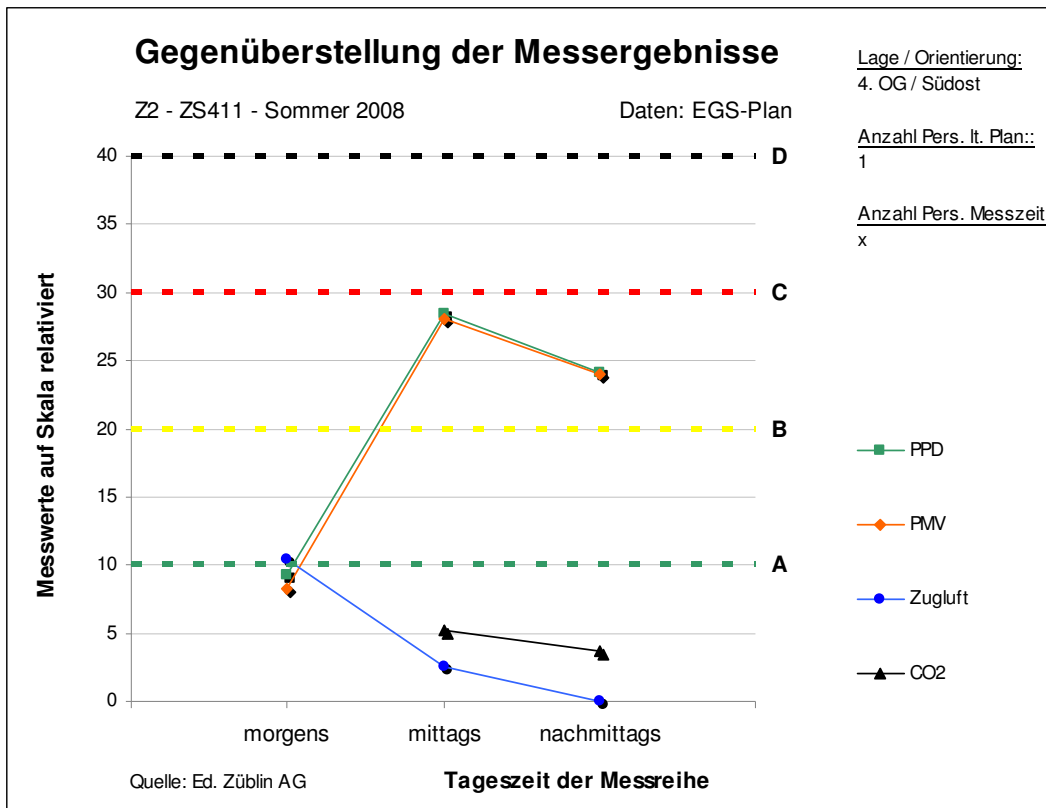


Abbildung 3.11.3.2.-4:

Verlauf der unterschiedlichen Kurzzeit-Messergebnisse an einem Messtag im Sommer 2008, Raum ZS411

Aus dem Vergleich der Diagramme pro Raum oder Jahreszeit können Ursachen und Wertigkeiten abgeleitet werden.

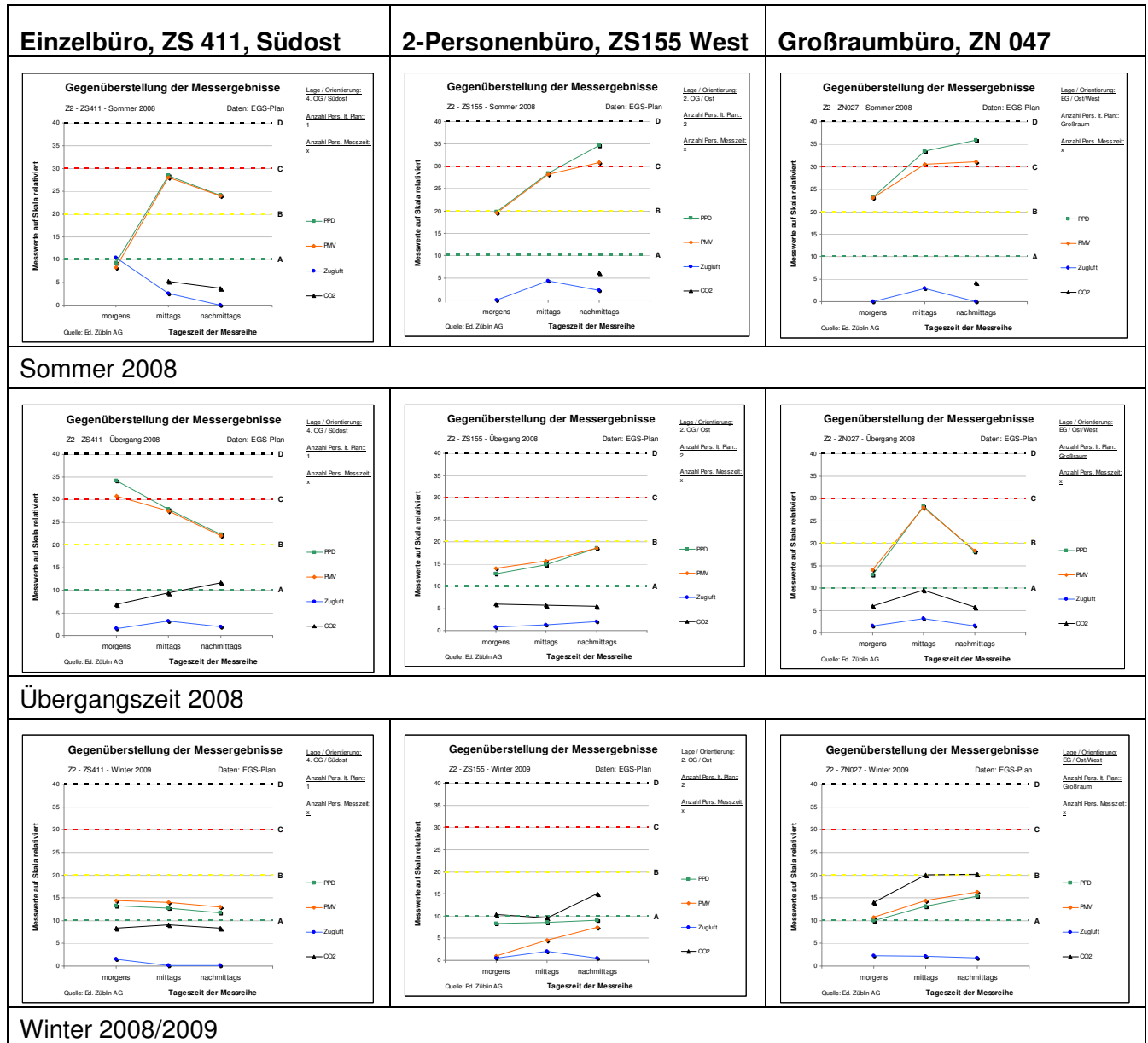


Abbildung 3.11.3.2.- 5: Gegenüberstellung der Kurzzeit-Messergebnisse von 3 ausgewählten Räumen pro Jahreszeit

Die Bewertungsdiagramme sind in Anlage 3 in Originalgröße dokumentiert und einlesbar.

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Kurzzeit-Messreihen mit den unterschiedlichen Bewertungskriterien ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen der Nutzerbefragungsbögen (siehe Kap. 3.11.3.3 und 3.11.3.4) verglichen werden.

Für drei ausgewählte Mess-Räume wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Die Diagramme für alle drei Messtage sind in Kap. 3.11.3.2 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Der Vergleich zeigt, dass bei allen drei Räumen die CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Draught rate (Zugluft), trotz täglichen Schwankungen, unterhalb der Kategorie A bleiben. Im Winter erhöht sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration im Großraumbüro bis zur Kategorie B. Die Ursache wird an den fehlenden Lüftungsmöglichkeiten (Anzahl der gekippten Fenster) liegen.

Der thermische Komfort kann bei allen drei Räumen in Abhängigkeit von der Lage des Raumes und den getätigten Lüftungen durch die Nutzer abgeleitet werden.

Der Raum S155 erreicht als einziger Raum im Winter beim thermischen Komfort die Kategorie A.

### **3.11.3.3 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz**

#### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Nachfolgende Abbildung 3.11.3.3.-6 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Schallschutz.

Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.3.2)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

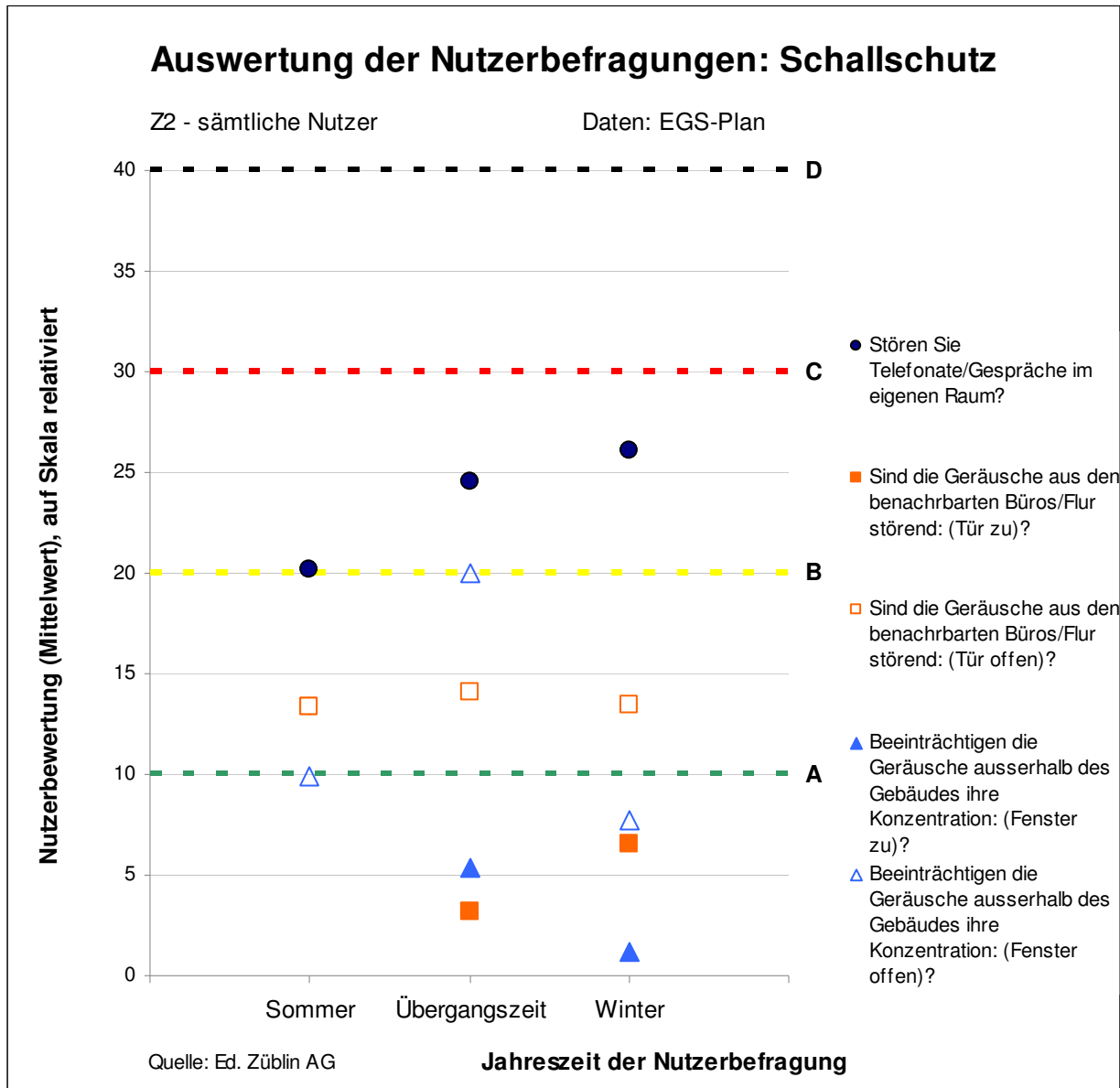


Abbildung 3.11.3.3.- 6

Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Schallschutz im Gebäude Z-Zwo (3 Messtage)

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen zum aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte / Nutzerbefragung), siehe Kap. 3.11.3.2 und 3.11.3.4, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zum Thema Schallschutz wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.3.3 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass der Lärm unabhängig von der Jahreszeit vom Nutzer als störend empfunden wird. Beim Züblinhaus ist eine höhere Toleranzgrenze im Sommer zu erkennen.

Als größten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonaten) ein. Die negative Bewertung nimmt im Winter zu. Eine Ursache werden die geschlossenen Fensterelemente sein, da der Grundgeräuschpegel im Raum durch fehlende Straßenlärmwirkung im Winter niedriger ist als im Sommer mit offenen Fensterelementen. Zusätzlich können die fehlenden raumakustischen Maßnahmen die Begründung für diese Bewertung sein.

Dieser Störpegel kann über ergänzende raumakustische Maßnahmen im Raum reduziert, jedoch nicht vollständig behoben, werden. Dies betrifft insbesondere die Großraumbüros.

Als zweitgrößten Störfaktor empfinden die Nutzer im Z-Zwo die Geräusche aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren. Die Bewertung fällt jedoch wesentlich besser aus als bei den Nutzerbefragungen im Züblinhaus. Die Ursachen sind die besseren Schalldämmwerte der Bürotrennwände im Z-Zwo und vermutlich die verglasten Flurtrennwände, die einen Blickkontakt in den Flur ermöglichen.

In Kap. 3.9.3 wurde eine Bewertungskurve für den qualitativen Schallschutz nach Norm erstellt. Die hier ermittelten Bewertungen stimmen mit den Ergebnissen der Nutzerbefragung überein.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränken sich die oben genannte Auswertungen auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter). Eine weitere Auswertung der Nutzeraussagen pro Raum würden

weitere individuellere Erkenntnisse und Aufschlüsse pro Raum ergeben, insbesondere im Zusammenhang mit den Messergebnissen aus Kap. 3.11.3.2.

### **3.11.3.4 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht**

#### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Nachfolgende Abbildung 3.11.3.4.-7 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Klima und Licht.

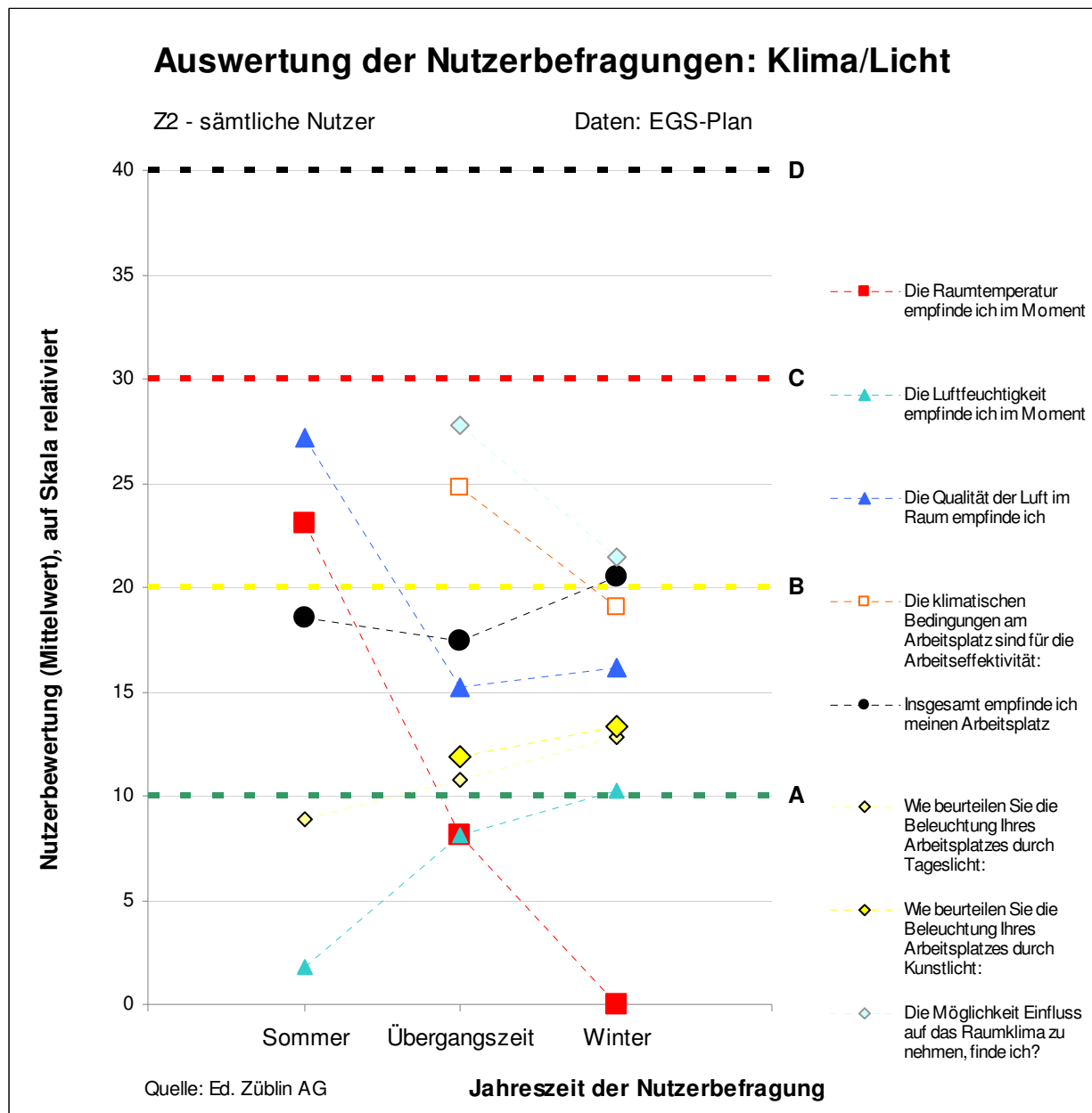


Abbildung 3.11.3.4.- 7      Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Klima und Licht im Gebäude Z-Zwo (3 Messtage). (Skaleneinteilung ist zu beachten!)

Durch die Umskalierung ist ein gesameinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.3.2)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte, siehe Kap. 3.11.3.2) und Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz, siehe Kap. 3.11.3.3, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zu den Themen Klima und Licht wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.3.4 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass die Nutzerbewertungen zu den Themen Klima und Licht im Vergleich zu den Auswertungen des Züblinhauses stärkeren Schwankungen pro Jahreszeit ausgesetzt sind.

Die durchschnittliche Bewertung zu den Themen Klima und Licht liegt um ca. eine halbe Kategorienote schlechter als beim Züblinhaus. Während die maximalen Bewertungen beim Züblinhaus in der Kategorie B enden, werden in manchen Einzelbewertungen fast die Kategorie C erreicht. Dies betrifft die Arbeitseffektivität und die Einflussmaßnahmen auf das Raumklima.

Bei der Empfindung zur Raumtemperatur ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.

Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumluftfeuchtigkeit. Dies entspricht den tatsächlichen Langzeitmessungen, siehe Anlage 4.

Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes ist über die Jahreszeiten gleichbleibend, obwohl im Sommer ein niedriger thermischer Komfort zu verzeichnen ist. Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes und die Arbeitseffektivität werden von den Nutzer schlechter beurteilt als von den Nutzern des Züblinhauses.

Zu beachten ist, dass die Kategorieabstufungen A, B, C und D gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt sind, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen aus den Spalten 4-9 und Kap. 3.11.3.3 (Schallschutz) zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B: A-Kategorie:  $-0,2 > PMV < +0,2$  etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichende Kategorieabstufung ist in der Auswertung zu beachten.



### 3.11.3.5 Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger

#### Einleitung und Zielsetzung

Im gemeinsamen Forschungsvorhaben Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen hat der Arge-Partner von Ed. Züblin AG: Bilfinger und Berger in seinen Forschungsprojekten ebenfalls Nutzerkomfortmessungen durchgeführt und daraus die PMV- und PPD (%) – Indexe (A bis D Kategorien) nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] rechnerisch ermittelt, siehe Kapitel 3.11.3.2.

Im Gegensatz zu den Messreihen der Ed. Züblin AG beschränken sich die Messreihen zum Nutzerkomfort bei Bilfinger und Berger auf einen Messtag ohne Wiederholungsmessungen.

Nachfolgende Tabelle stellt die unterschiedlichen Vorgehensweisen zu den Messreihen gegenüber:

|          |   | <b>Bilfinger und Berger</b>      | <b>Ed. Züblin AG</b>   |
|----------|---|----------------------------------|--|
| <b>1</b> | Durchgeführte Anzahl von Messtagen pro Raum     | Kurzzeit-Messungen an 1 Messtag  | Kurzzeit-Messungen an 3 Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) |
| <b>2</b> | Durchgeführte Anzahl von Messreihen pro Messtag | 1 Messreihe pro Raum und Messtag | 3 Messreihen pro Raum und Messtag (morgens, mittags, nachmittags)    |
| <b>3</b> | Anzahl der untersuchten Räume                   |                                  | 6 Räume pro Gebäude  |
| <b>4</b> | Parallel geführte Nutzerumfragen                | (nein)                           | ja   |

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Messreihen pro Raum, Tag und Jahreszeit können die aus den Messergebnissen rechnerisch ermittelten PMV - Indexe und PPD(%) - Indexe mit den Kategorieabstufungen A bis D nicht miteinander verglichen werden. D.h. der direkte Vergleich der Kategorieabstufungen pro Gebäude ist somit nicht anwendbar.

Aus diesem Grund hat Ed. Züblin AG mit Bilfinger und Berger gemeinsam Vergleichsdiagramme pro Jahreszeit festgelegt, um die Messergebnisse im Rahmen des Forschungsvorhabens aller sechs Forschungsvorhaben, vergleichbar werden zu lassen. Des Weiteren sollen in den Diagrammen die unterschiedlichen Messtage (Sommer, Übergangszeit und Winter) und Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags) differenziert dargestellt werden, damit die richtigen Werte pro Jahres- und Tageszeit abgelesen und verglichen werden können.

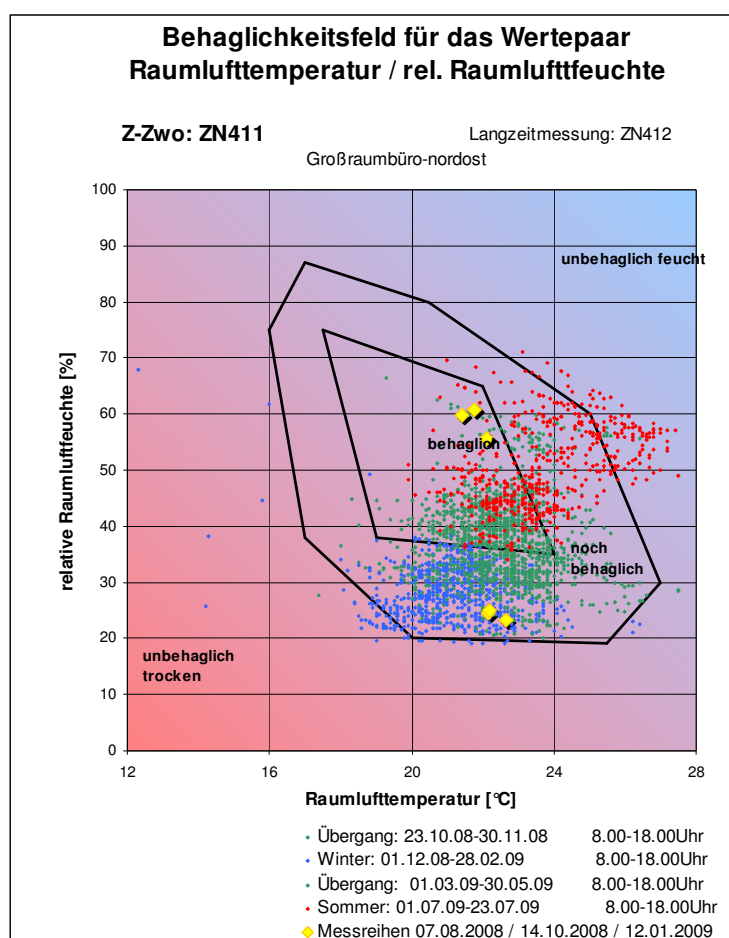
Ed. Züblin AG hat neben den Kurzzeit-Messungen die Langzeitmessungen (Raumlufttemperatur, relative Raumluftfeuchte, Außenlufttemperatur) in die gemeinsam festgelegten Auswertungsdiagrammen übertragen. Dadurch erfolgt in den Züblin - Diagrammen

neben den Kurzzeit-Messungen eine Langzeitbetrachtung der Temperaturen und relativen Raumluftfeuchten pro Raum.

Umsetzung der Vergleichbarkeit

Für die Vergleichbarkeit des Nutzerkomforts wurden folgende Diagramme mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte



Darstellung der Ergebnisse in Behaglichkeitsfeldern für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach F.P. Leusden und H. Freymark [Leusden, Freymark: Darstellung der Raumbehaglichkeiten für den einfachen praktischen Gebrauch. Gesundheits-Ingenieur Jahrgang 72, Seite 271, 1951], siehe Abbildung 3.11.3.5.-8.

Abbildung: 3.11.3.5.- 8:

Behaglichkeitsfeld für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach Leusden und Freymark (sitzende Tätigkeit, am Beispiel des Raums ZN411, Z-Zwo)

Die Raumtemperaturen werden in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte dargestellt und in 4 Behaglichkeitsfelder eingeteilt (behaglich, noch behaglich, unbehaglich feucht, unbehaglich trocken). Im Temperaturbereich von 18 bis 24 °C darf die Luftfeuchte in dem verhältnismäßig großen Bereich von 35% bis 75% schwanken, ohne dass dies als unbehaglich empfunden wird. „Die häufig beklagte „Lufttrockenheit“ bei Werten der relativen Luftfeuchte unter 30% ist nicht auf den geringen Wassergehalt der Luft, sondern auf

verschwelte Staubteilchen in der Luft, die die Atmungsorgane reizen, zurückzuführen“ [Lehrbuch der Bauphysik, Teubnerverlag, 1989, Seite 129].

In Anlage 4 sind die Messergebnisse für das Wertepaar Raumlufftemperatur und relative Luftfeuchte in oben beschriebene Behaglichkeitsfelder pro Raum und Jahreszeit-Messreihe (Übergangszeit und Winter) gegenüber gestellt.

Zum Zeitpunkt der Sommer – Messreihe (EGS-Plan) wurden im Z-Zwo keine relativen Raumlufftfeuchte gemessen, daher liegen die Behaglichkeitsfelder ab der Messreihe Übergangszeit vor.

Lagen für die Räume mit Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) keine direkten Langzeitmessungen im Raum vor, so wurden den Behaglichkeitsfeldern die Langzeitmessergebnisse von Vergleichsräumen mit ähnlicher Nutzung und Orientierung zu geordnet, siehe hierzu die Gegenüberstellung in Anlage 4, Deckblatt.

Die Langzeitmessergebnisse wurden die Jahreszeiten in folgende Zeiträume eingruppiert:

| Jahreszeit |               | Zeitraum                                       | Anmerkungen  |
|------------|---------------|--|--|
|            | Sommer        | bis 15. 09.2008                                | In der Regel liegen hierfür keine Messeergebnisse vor  |
|            | Übergangszeit | 16.10. bis 30.11.2008<br>01.03. bis 31.05.2009 | Fehlende Datensätze in Behaglichkeitsfeldern = nicht verwertbare Messergebnisse, siehe hierzu gesondertes Kap. 3.7.0.0. (Messtechnik)                          |
|            | Winter        | 01.12. bis 31.12.2008<br>01.01. bis 28.02.2009 |  |
|            | Sommer        | 01.06. bis 15.09.2009                          | Messreihen soweit vorhanden ergänzend für Vergleichs-Orientierung aufgenommen. Zeitraum entspricht nicht dem gleichen Jahr der Kurzzeit-Messung (Sommer 2008). |

Die Langzeitmessungen erfolgten im Viertelstunden-Takt pro Stunde. D.h. pro Tag ergeben sich 96 Messpunkte.

Für die Auswertungen in den Behaglichkeitsfeldern erfolgte eine Kappung der Tagesmessung wie folgt:

- Beschränkung der Ergebnisse auf die Arbeitszeit (8-18.00 Uhr) sowie
  - Reduzierung Ergebnisse auf einen Wert pro Stunde.
- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730
- Graphische Darstellung der rechnerisch ermittelten A bis D Kategorieabstufungen des Nutzerkomforts in Anlehnung nach Fanger [Fanger, P.O.: Thermal Comfort, Analysis and

Applications in Environmental engineering, Robert E. Krieger Publishing company, Malabr Flrida, 1982] und DIN EN ISO 7730.

Mit Hilfe des Fanger Kurvenmodells lassen sich aus den rechnerisch ermittelten PMV-Indexe (Klimabeurteilung) die vorhergesagten Prozentsätze der Unzufriedenen (PPD (%) – Index) bei einem bestimmten Umgebungsklima ableiten, siehe hierzu nachfolgende Abbildung 2B.3.6.5.0.-9.

Das zusätzliche Mayer Kurvenmodell wird vergleichend in unten genannte Abbildung aufgenommen. [Mayer, E.: Zulässige Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Turbulenzgrad und Raumtemperatur in klimatisierten Räumen, Abschlussbericht Forschungsvereinigung für Luft- und Trochnungstechnik e.V., 3/1/73/94, Frankfurt/Main, 1994].

### Z-Zwo

### Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve

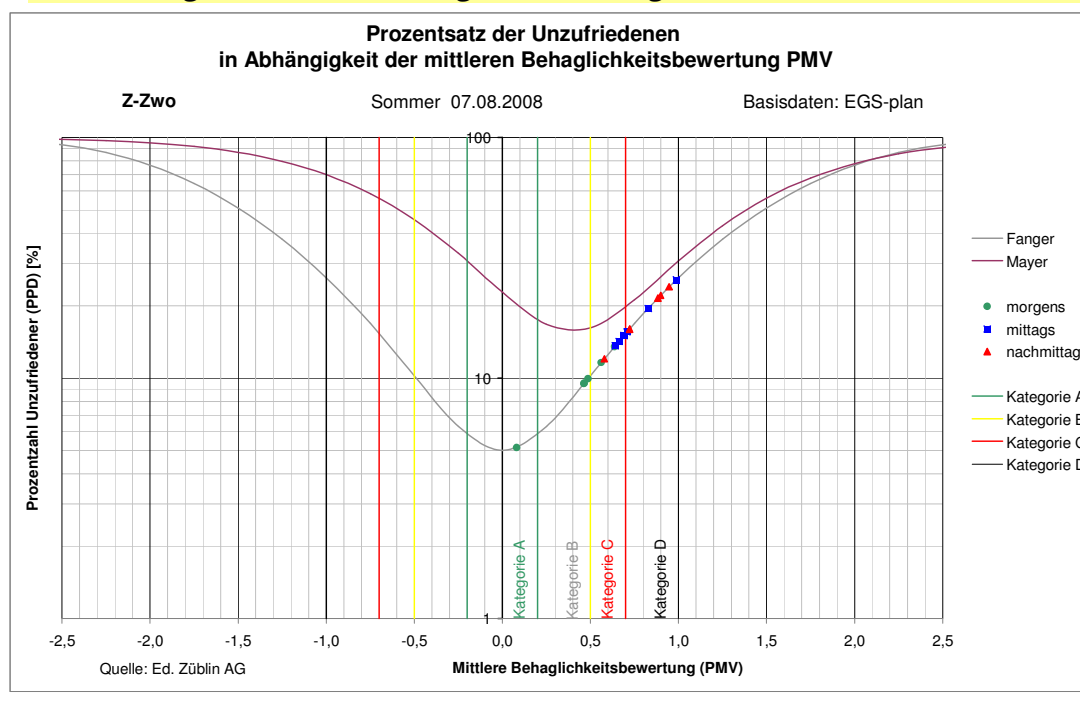


Abbildung 3.11.3.5.- 9:

Vorhergesagter Anteil Unzufriedener (PPD(%)) in Abhängigkeit vom vorhergesagten mittleren Votum (PMV) nach Fanger (1982) und Mayer (1998), inkl. Eintrag der Kurzzeitmessungen im Z-Zwo, pro Raum und Tageszeit (Jahreszeit Sommer) auf Kurvenmodell Fanger.

Mayer hat in einer eigenen Feldstudie festgestellt, dass das Optimum des PVM bei +0,4 mit einem Mindestanteil von 16% Unzufriedener liegt. D.h. nach Mayer wird das Optimum an Behaglichkeit zwischen neutral und leicht warm gesehen. Er stellte fest, dass bereits ein PMV-Index von -1 (leicht kühl) als unbehaglich eingestuft wird. Aus dieser Erkenntnis hat

Mayer die Kurve von Fanger modifiziert. Beide Kurvenmodelle beziehen sich auf klimatisierte Räume.

In der Doktorarbeit von Hellwig, Runa Tabea [Hellwig, R. T.: Thermische Behaglichkeit, Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht] erfolgten hierzu weitere Studien.

Basierend auf den Auswertungen von EGS-Plan (Anlage 1), die sich aus dem Kurvenmodell nach Fanger beziehen, wurden die Ergebnisse auf die Fangerkurve im oben genannten Diagramm übertragen.

In Anlage 5 sind die Diagramme pro Gebäude und Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit und Winter) dargestellt. Die Auswertungen über die Tageszeit sind farblich abgegrenzt, sodass eine Gesamtauswertung pro Gebäude und Jahreszeit möglich ist.

▪ **Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2**

Die Kurzzeitmessungen der Raumlufthtemperatur werden gegenüber der Außenlufttemperatur aufgetragen und hinsichtlich der Grenzen der DIN 1946 [DIN 1946, Teil 2: Raumluftechnik, Gesundheitliche Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln), 1994] ausgewertet, siehe Abbildung 3.11.3.5.-10.

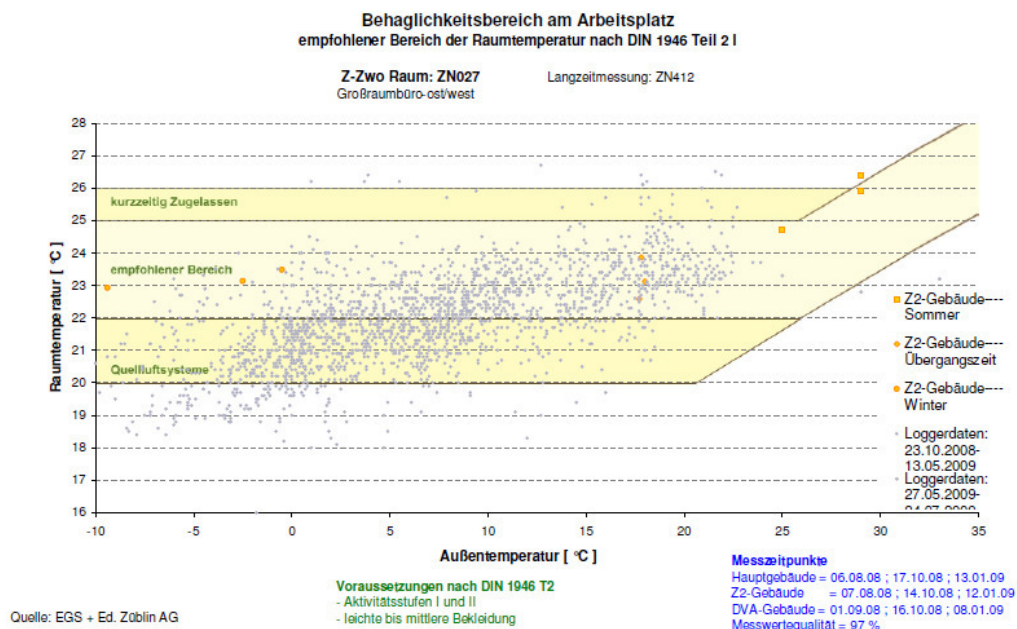


Abbildung: 3.11.3.5.- 10: Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2.

Die DIN 1946-2 bezieht sich zwar auf Räume mit raumluftechnische Anlagen und wurde von der DIN EN 13779 [DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden -Allgemeine

Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme, 2007-09] abgelöst.

In Rücksprache mit EGS-Plan wurden die Auswertungen nach der alten DIN 1946-2 empfohlen. Dadurch lassen sich die zusätzlichen Auswertungsdiagrammen nach DIN 1946-2 mit den Langzeitmessungen von Ed. Züblin AG (siehe Anlage 6) mit den bereits erfolgten Auswertungsergebnissen von EGS-Plan nach DIN 1946-2 im Abschlussbericht, Anlage 1 vergleichen.

Der Übertrag der Langzeitmessergebnisse erfolgte nach dem gleichen Prinzip wie bei den oben erwähnten Behaglichkeitsfeldern (Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte).

### Auswertung und Fazit

Die Auswertungen der Vergleichsdiagramme ergeben folgende Ergebnisse

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte (Anlage 4)

Zum Zeitpunkt der Kurzzeitmessungen in der Übergangszeit und im Winter sind die Räume als „noch behaglich“ einzustufen. Der Raum ZN 411 (Mehrpersonenbüro, Nord) erreicht als einziger den Behaglichkeitsbereich „behaglich“ während der Übergangszeit.

Für die Langzeitmessungen liegen kontinuierlichere Messergebnisse als beim Züblinhaus vor (siehe Wolkenbilder in Anlage 4).

In der Winterperiode befinden sich die Messräume mit Langzeitmessungen vorwiegend im Behaglichkeitsfeld „noch behaglich“ während in der Sommer- und Übergangszeit zum Teil ein behagliches Umfeld mit den Wertepaaren Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchte erreicht wird.

- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730 (Anlage 5)

Die Kurzzeitmessungen im Sommer ergeben mehrheitlich ab der Mittagszeit eine vorhergesagte Unzufriedenheit zwischen 13 und 16%. Zum Nachmittag erhöht sich der vorgesehene Prozentansatz von Unzufriedenen auf über 20% gemäß Fanger Kurvenmodell.

Die Unzufriedenheit sinkt im Winter auf 5 bis 10 %. Die Messergebnisse pro Raum streuen im Tagesablauf, sodass keine tagesabhängige Auswertung über alle Räume abgeleitet werden kann.

Generell liegt der Prozentanteil der Unzufriedenen im Sommer und Winter niedriger als im Züblinhaus.

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

- Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2 (Anlage 6)

Die Kurzzeitmessungen in den drei Jahreszeiten Sommer, Übergangszeit und Winter sowie die Langzeitmessungen ergeben, dass die Raumtemperaturen in allen Räumen überwiegend im empfohlenen Behaglichkeitsbereich liegen.

Die Kurzzeitmessungen der Großraumbüros im Sommer überschreiten zum Teil den empfohlenen Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946, Teil 2.

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

### **3.11.3.5 Fazit**

Zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas wurde EGS-Plan beauftragt unterschiedliche Messungen gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] durchzuführen, unter anderem die Temperatur, die relative Raumlufffeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

Die Kurzzeit-Messungen erfolgten an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) mit jeweils drei Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags). Parallel erfolgten Nutzerbefragungen unter anderem zu den Themen Klima, Licht und Schallschutz, um das subjektive Empfinden der Nutzer zu ermitteln.

Um eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung sämtlicher Bewertungskriterien und Nutzerbefragungen pro Raum und Jahreszeit sowie eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Ergebnissen aus den Nutzerbefragungen zu den Themen Schallschutz und Nutzerkomfort zu erreichen, hat die Ed. Züblin AG die Ergebnisse von EGS-Plan weiter ausgewertet. Dabei wurden die Messergebnisse und Nutzeraussagen neu skaliert und in Gesamtdiagrammen zusammengefasst:

Aussagen und Auswertungen über das subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema Schallschutz in Kombination mit den klimatischen Gegebenheiten erfolgten von EGS-Plan nicht. Daher wurde die Auswertung im oben genannten Vergleich aufgegriffen.



Die Auswertungsergebnisse von EGS-Plan sind dem Abschlussbericht in Anlage 1 zu entnehmen. Die Vorgehensweise und Auswertungsergebnisse von Ed. Züblin AG sind den Kapiteln 3.11.3.2 (Kurzzeit-Messungen zum Nutzerkomfort), 3.11.3.3 (Nutzerbefragung Schallschutz) und 3.11.3.4 (Nutzerbefragung Klima/Licht) zu entnehmen.

Zum Schluss wurden die Messergebnisse, in gemeinsam mit Bilfinger und Berger festgelegte Behaglichkeitsfelder und Behaglichkeitskurven übertragen, die ermöglichen, dass die sechs Verwaltungsgebäude des Forschungsvorhabens bezüglich Ihres Nutzerkomforts bewertet und verglichen werden können (Anlagen 4 bis 6).

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG Langzeitmessungen von Raumlufttemperaturen durchgeführt. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. Um die Kurz-Zeitmessungen mit den Langzeitmessungen vergleichen zu können, wurden die Langzeitmessungen in die oben genannten Behaglichkeitsfelder übertragen (Anlagen 4 und 6).

Die Vorgehensweise und Auswertungsergebnisse von Ed. Züblin AG wird in Kapiteln 3.11.3.5 beschrieben.

## **3.11.4 DVA**

### **3.11.4.1 Nutzerkomfort-Messungen**

#### Gebäudespezifische Randbedingungen

Der Verwaltungsbau aus dem Jahr 1957 befindet sich an einer verkehrsreichen Straße in der Innenstadt von Stuttgart, welches im Jahr 2006 komplett entkernt und saniert wurde.

In der nachfolgenden Abbildung 3.11.4.1.-1 sind die Auswirkungen des eintreffenden Außenlärms auf die Fassade am Beispiel des 1. OGs dargestellt.



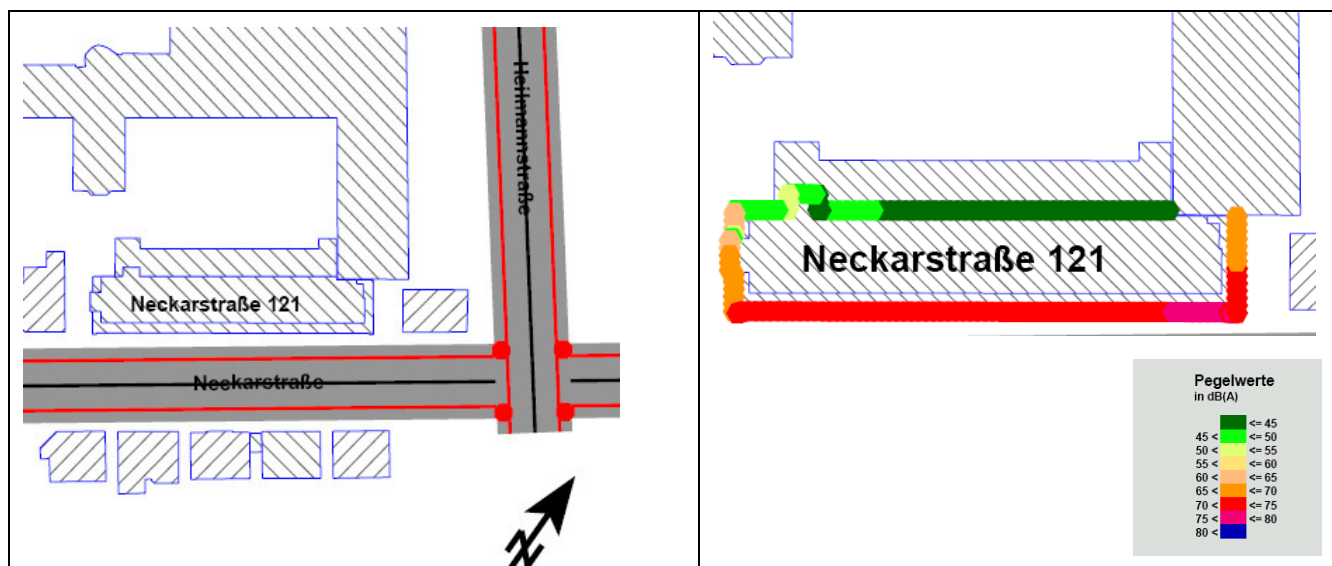


Abbildung 3.11.4.1.- 1: Lageplan und Maßgeblicher Außenlärmpegel auf Fassade des 1. Obergeschosses

[Horstmann+Berger: Schallschutz gegen Außenlärm DVA; 2005-07-27, Anlage 1 und 3].

Folgende für die Behaglichkeit relevanten Randbedingungen für DVA sind:

**Baukonstruktion:**

Beton-Rippendecken mit Verbundestrich und abgehängte Mineralfaserdecken.

Die Fassade besteht in der Regel aus einer Lochfassade. Der Fensterflächenanteil, bezogen auf die äußere Fassadenfläche, beträgt entlang den Längsachsen 36 bzw. 39%.

Die Trennwände sind Gipskartonständerwänden, teils sind die Wände zu den Fluren offen gestaltet.

**Heizung/Kühlung/Lüftung:**

Die hofseitigen Büroräume werden natürlich über Fensterelemente be- und entlüftet, während die Lüftung der Straßen zugewandten Büroräume zentral über eine RLT Anlage erfolgt.

In den 3. und 4. Obergeschossen kann die Luft zusätzlich über die RLT Anlage gekühlt werden.

Die Räumlichkeiten sind jedoch derzeit nicht vermietet, sodass die Bewertung dieser Räumlichkeiten für die Nutzerkomfort-Messungen nicht berücksichtigt werden konnten. Zur Wertung wurden nur die Büroräume im 1. und 2. Obergeschoss betrachtet.

Die Beheizung erfolgt über freie Heizflächen.

**Verschattung:**

Außenlamellen

**Nutzung:**

Vorwiegend 1 oder 2-Personenbüros.

**Schallschutz:**

Die straßenseitigen Büroräume sind durch die Neckarstraße vom Verkehrslärm am stärksten betroffen. Im Innenbereich werden die Mindestanforderungen an den Schallschutz gegen Fremd- und Eigenbereiche nach DIN 4109 [Hochbau im Schallschutz, 1989-11] erfüllt, ausgenommen davon sind die Bestandsdecken.

Messvorgang der externen Nutzerkomfort - Messung nach DIN EN ISO 7730

Gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] wurden zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas unterschiedliche Messungen durchgeführt, unter anderem die Temperatur, die relative Raumlufffeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

„Aufgrund des aufwendigen Messaufbaus wurde ein mobiles Gerät für Kurzzeitmessungen an verschiedenen Arbeitsplätzen in den Gebäuden eingesetzt“ [EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009; Seite 8].

Messstellen der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

In nachfolgender Abbildung 3.11.4.1.-2 sind sämtliche Messorte der durchgeführten Nutzerkomfort - Messungen aufgeführt.

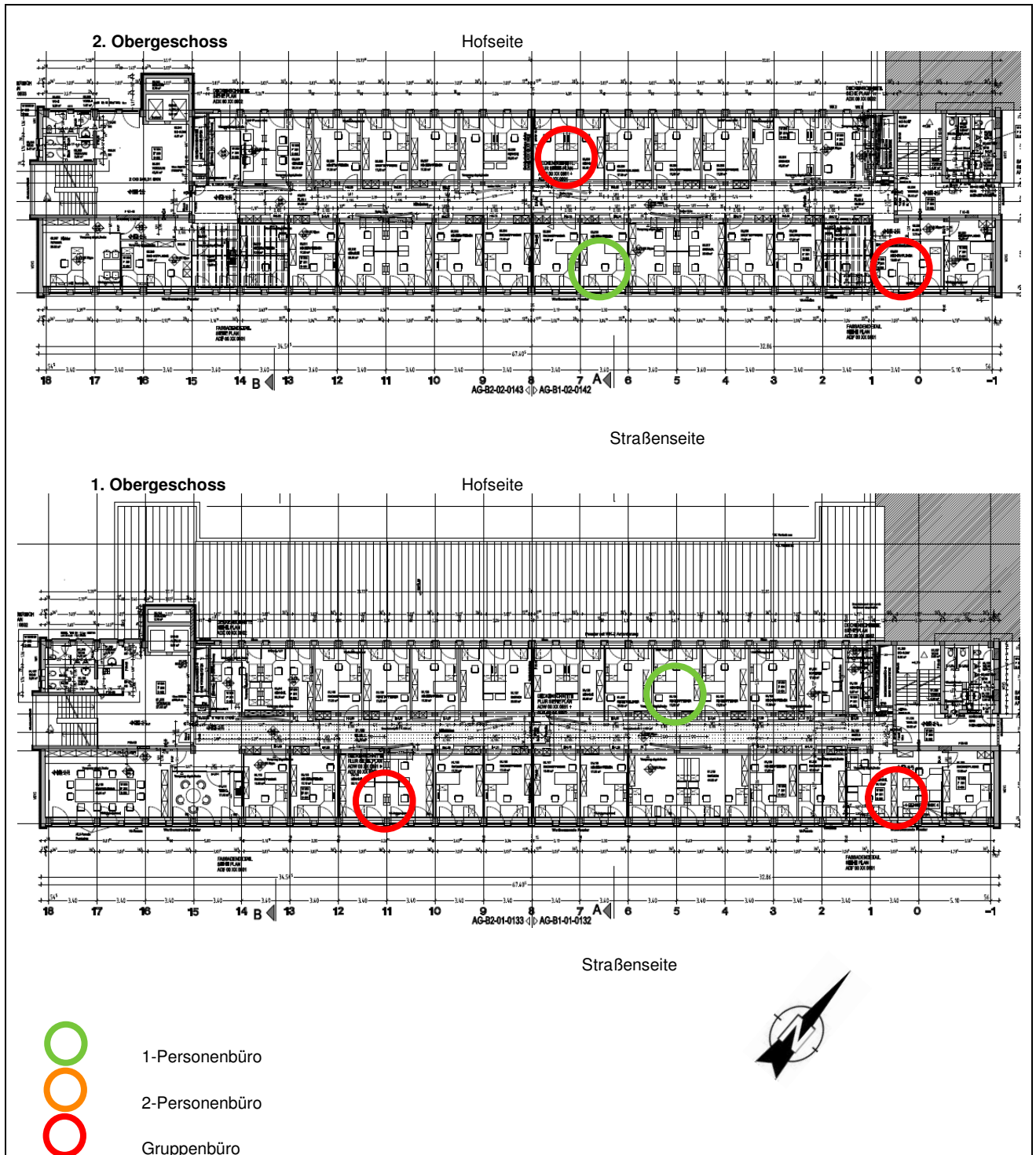


Abbildung 3.11.4.1.- 2: Messorte der Nutzerkomfort-Messungen – DVA

| Lfd. Nr. | Raum-Nr. | Geschoss | Max. Belegungs-zahl | Bürotyp     | Ausführung Decke   | Lichte Raum-höhe | Orientierung | Maßgeb. Außen-lärmpegel <sup>1)</sup> |
|----------|----------|----------|---------------------|-------------|--------------------|------------------|--------------|---------------------------------------|
| [-]      | [-]      | [-]      | [Personen]          | [-]         | [-]                | [m]              | [-]          | [dB (A)]                              |
| 1        | 103      | 1. OG    | 1                   | 1- Person   | Mineral-faserdecke | 2,66             | Nordwest     | < 45 bis 50                           |
| 2        | 117      |          | 4 offen             | Gruppenbüro |                    |                  | Südost       | 71 bis 75                             |
| 3        | 122      |          | 4 offen             | Gruppenbüro |                    |                  | Südost       | 71 bis 75                             |
| 4        | 206      | 2. OG    | 4 offen             | Gruppenbüro |                    |                  | Nordwest     | < 45 bis 50                           |
| 5        | 218      |          | 1                   | 1- Person   |                    |                  | Südost       | 71 bis 75                             |
| 6        | 221      |          | 4 offen             | Gruppenbüro |                    |                  | Südost       | 71 bis 75                             |

1) [Ed.Züblin AG: REG-Bericht 3.9.4]

### Außenklima zum Zeitpunkt der Messreihen

Die Kurzzeitmessungen erfolgten an drei verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Übergangszeit und Winter), um Aussagen des Komforts bei unterschiedlichen Außenklimaten zu erreichen. Dabei wurden am jeweiligen Messtag pro Raum drei Messreihen und drei Befragungen pro anwesenden Raumnutzer durchgeführt (vormittags, mittags und nachmittags).

Der Fragebogen ist im Wesentlichen auf die thermische Behaglichkeit fixiert und wurde auf Wunsch der Ed. Züblin AG um den Komfort des Schallschutzes erweitert.

An folgenden drei Tagen wurden die Nutzerkomfort-Messungen und Nutzerbefragungen umgesetzt:

| Messtage    |               |            | Wetterdaten EGS       |                 |                       | Info aus Messdatensatz Ed. Züblin AG <sup>2)</sup>           |                                  |
|-------------|---------------|------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|--|----------------------------------|
| Jahres-zeit | Datum         | Tages-zeit | Messtag <sup>1)</sup> |                 | Vortage <sup>1)</sup> | Tage vor Messreihe (Mittelwert)                              | Tage nach Messreihe (Mittelwert) |
|             |               |            | Messtag               | Außentemp. [°C] | Außentemp. [°C]       |  |                                  |
| Sommer      | 01.Sept. 2008 | Morgens    | Sonnenschein          | 23              | 22 ... 20             | Datensätze lagen zum Zeitpunkt der EGS - Messreihe nicht vor |                                  |
|             |               | Mittags    | Bedeckt               | 23              | 25 ... 23             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Leichter Regen        | 23,5            | 26 ... 24             |  |                                  |
| Herbst      | 16. Okt. 2008 | Morgens    | Leichter Regen        | 13,3            | 16 ... 17,7           | 14,0 °C<br>87 % rel. LF                                      | 5,8 °C<br>96 % rel. LF           |
|             |               | Mittags    | Regen                 | 14,1            | 18 ... 17,8           |  |                                  |
|             |               | Abends     | Regen                 | 13,9            | 19 ... 18             |  |                                  |
| Winter      | 08. Jan. 2009 | Morgens    | Sonnenschein          | -5              | -6 ... -5             | - 4,1 °C<br>93 % rel. LF                                     | - 8,7 °C<br>93 % rel. LF         |
|             |               | Mittags    | Sonnenschein          | -3,3            | -5 ... -5             |  |                                  |
|             |               | Abends     | Sonnenschein          | -0,5            | -4 ... -4             |  |                                  |

5) [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22]

6) Siehe Messdatenreihe der Ed. Züblin AG, Abbildungen 3.11.4.1.-3

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG die Außentemperaturen gemessen. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. In den nachfolgenden Diagrammen 3.11.4.1.-3 sind die Wetterdatensätze vor und nach dem jeweiligen Messtag im Herbst bzw. Winter als Gesamtübersicht dargestellt. Die Mittelwerte für die Außentemperatur und relative Luftfeuchte sind in o.g. Tabelle, in den Spalten 7 und 8 zusammengefasst.

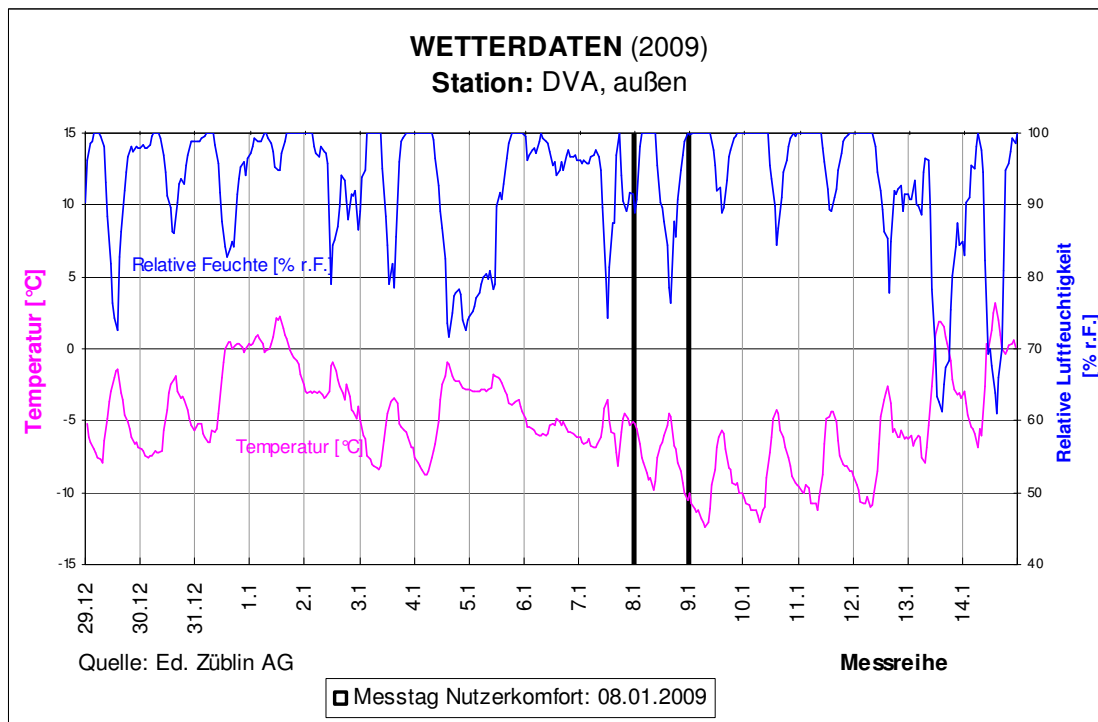
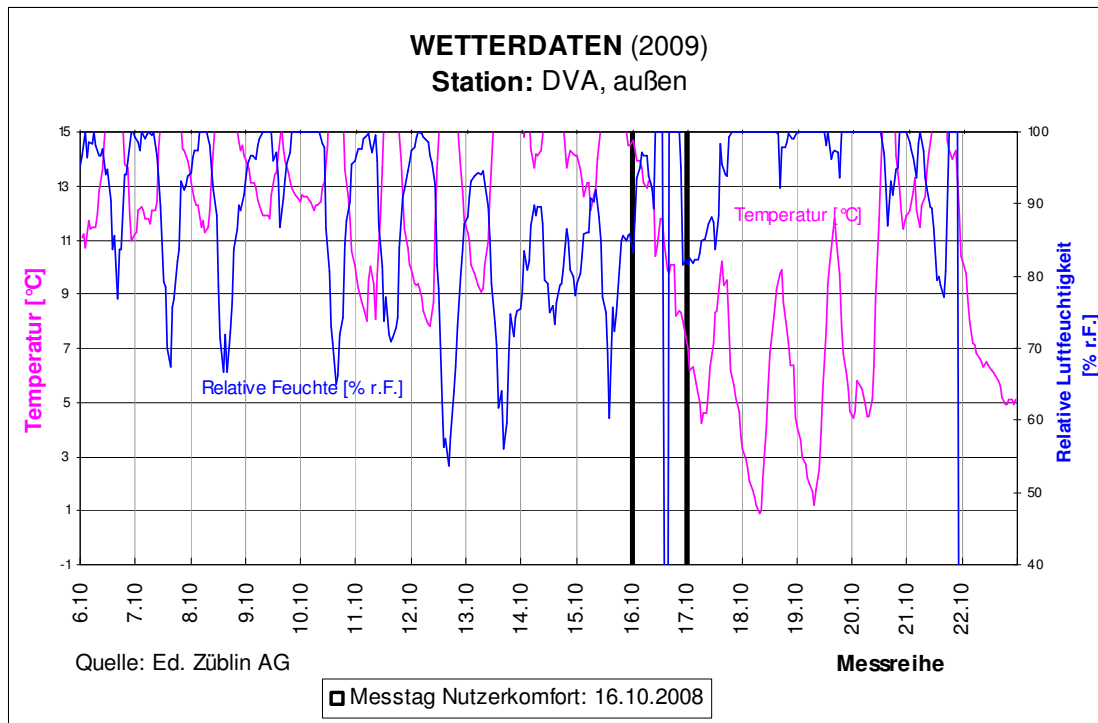


Abbildung 3.11.4.1.- 3: Wetterdaten im Zeitraum der Nutzerkomfort-Messungen [Quelle: Datenlogger Ed. Züblin AG]

### Ergebnis der extern durchgeführten Nutzerkomfort-Messungen

Die Ergebnisse der Kurzzeitmessungen nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] von EGS-Plan, sind im Abschlussbericht [EGS-Plan: Nutzerkomfort-Messungen im Rahmen von REG, 2009-01-22], zusammengefasst, siehe Anlage 1 in diesem Bericht.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Nutzerkomfort-Messungen eine Kurzaufnahme der Situation und keine Langzeitmessung darstellen.

#### **3.11.4.2 Umsetzbarkeit der Vergleichbarkeit**

Nachfolgende Abbildung 3.11.4.2.-4 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der jeweiligen Bewertungskriterien, abgeleitet aus den Messreihen.

Durch die Umskalierung ist ein gesamt einheitliche Bewertung und Einstufung des Raumes möglich.

Die Linienverbindungen zwischen den Kurzzeit-Ergebnissen wurden bewusst mit eingezogen, um eine schnellere Bewertung zu erleichtern.

Die Linien erheben nicht den Anspruch des tatsächlichen Tagesablaufs.

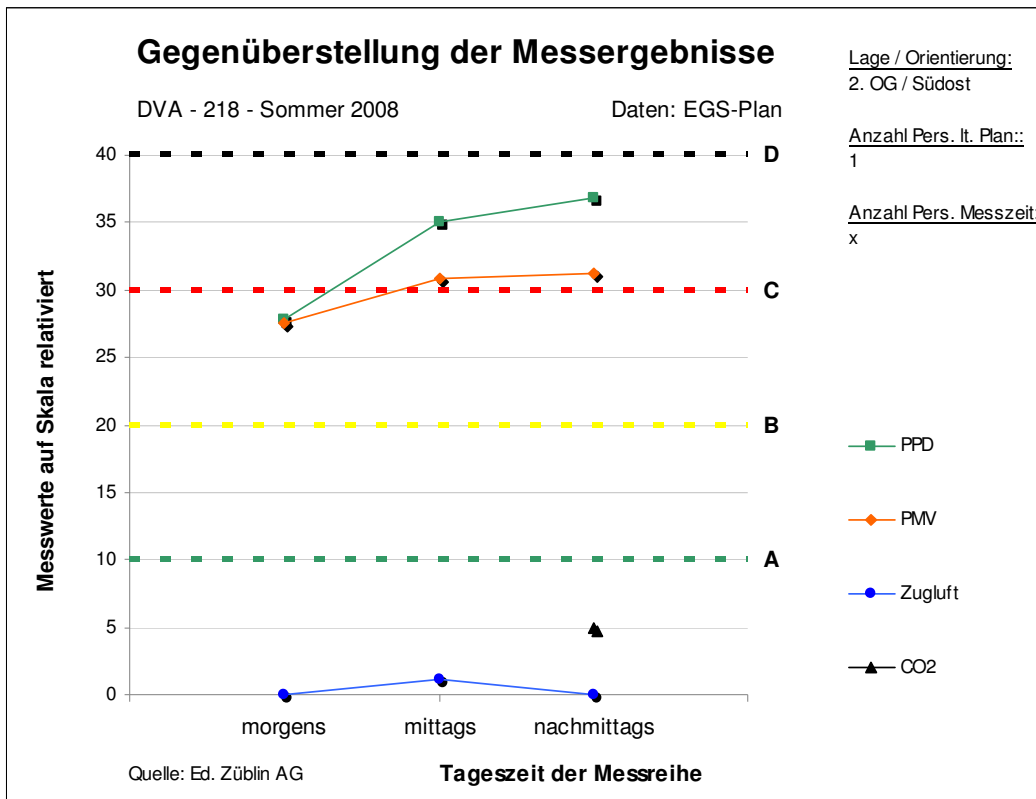


Abbildung 3.11.4.2.- 4:

Verlauf der unterschiedlichen Kurzzeit-Messergebnisse an einem Messtag im Sommer 2008, Raum 218

Aus dem Vergleich der Diagramme pro Raum oder Jahreszeit können Ursachen und Wertigkeiten abgeleitet werden.

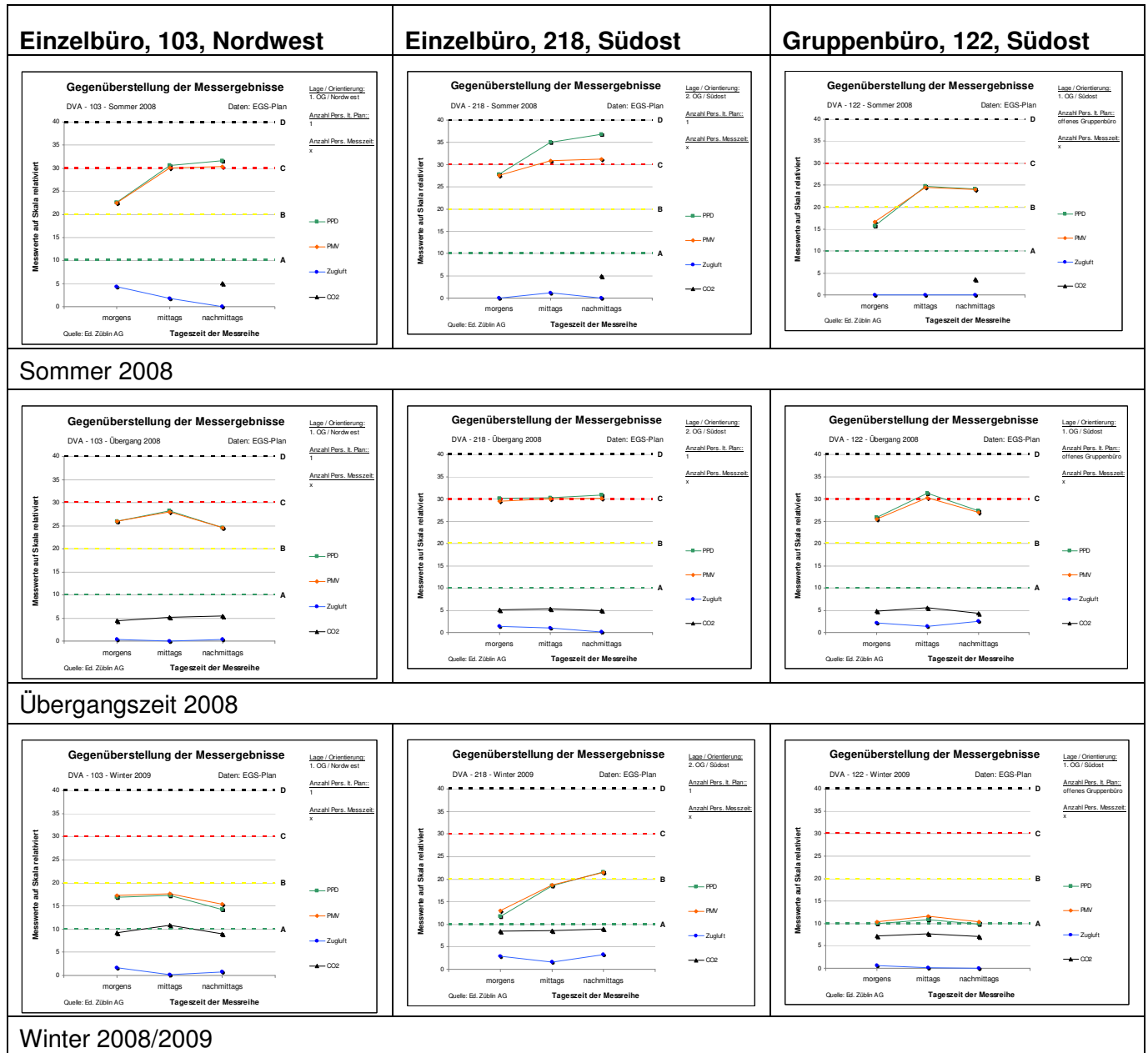


Abbildung 3.11.4.2.-5: Gegenüberstellung der Kurzzeit-Messergebnisse von 3 ausgewählten Räumen pro Jahreszeit

Die Bewertungsdiagramme sind in Anlage 3 in Originalgröße dokumentiert und einlesbar.



### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Kurzzeit-Messreihen mit den unterschiedlichen Bewertungskriterien ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen der Nutzerbefragungsbögen (siehe Kap. 3.11.4.3 und 3.11.4.4) verglichen werden.

Für drei ausgewählte Mess-Räume wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Die Diagramme für alle drei Messtage sind in Kap. 3.11.4.2 abgebildet.

Der Vergleich zeigt, dass an allen Messtagen und bei allen drei Räumen die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Zugluft rate, trotz täglichen Schwankungen, unterhalb der Kategorie A bleiben.

Trotz mechanischer Lüftungsanlage in den Straßen zu gewandeten Büroräumen (218 und 122), ist in der Übergangszeit ein niedriger thermischer Komfort zu verzeichnen (~ Kategorie C).

Erst zur Winterzeit wurde in allen drei Büros ein hoher thermischer Komfort der Kategorie A-B erreicht.

Das Mehrpersonenbüro (122) erreicht, trotz der höheren Anzahl an Personen im Raum oder der Südorientierung, durch gezielte Lüftung und Verschattung den besten thermischen Komfort.

#### **3.11.4.3 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz**

Nachfolgende Abbildung 3.11.4.3.-6 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Schallschutz.

Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.4.2)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

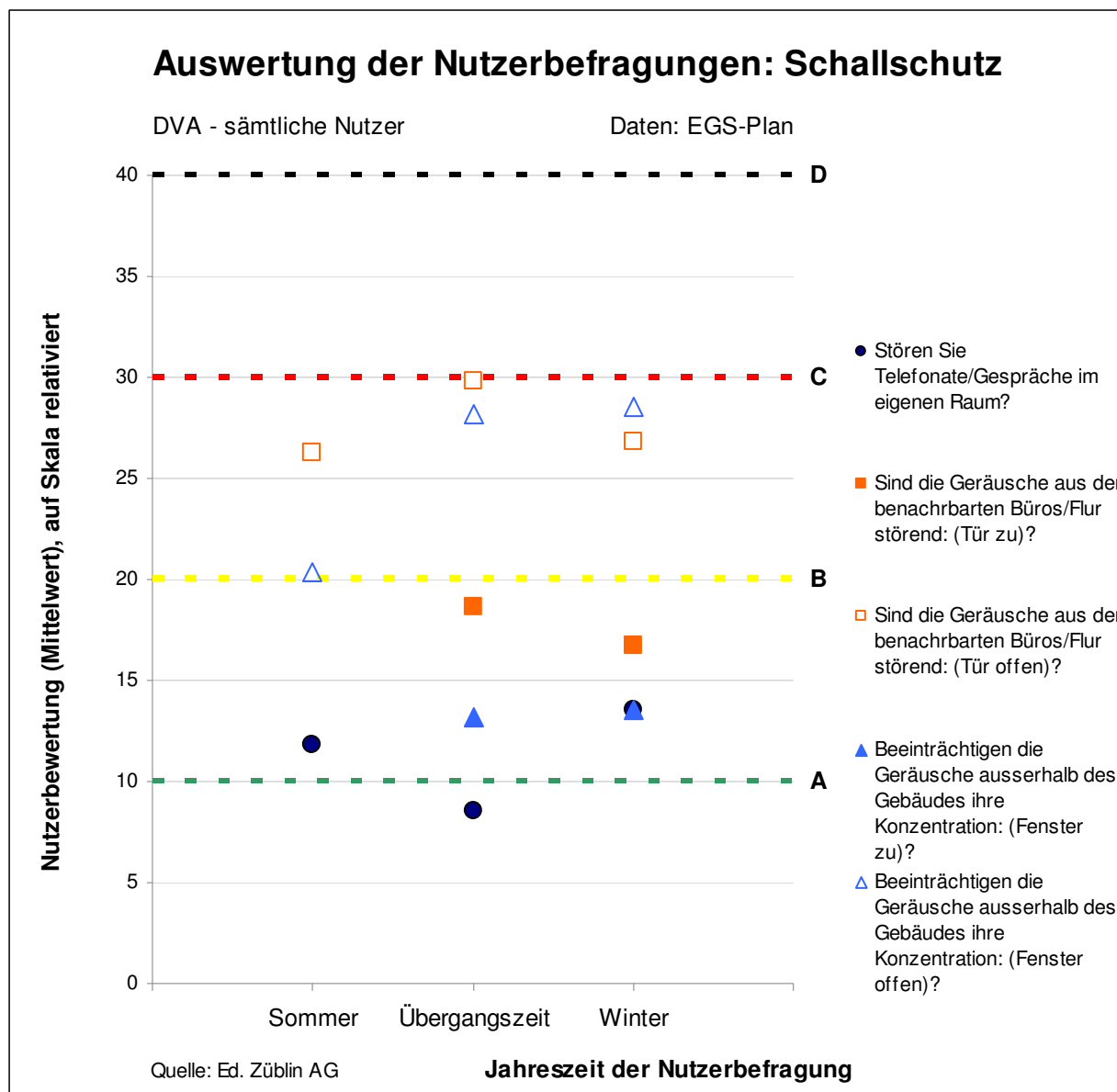


Abbildung 3.11.4.3.- 6

Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Schallschutz im Gebäude DVA (3 Messtage)

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen zum aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte / Nutzerbefragung), siehe Kap. 3.11.4.2 und 3.11.4.4, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zum Thema Schallschutz wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.4.3 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass der Lärm unabhängig von der Jahreszeit vom Nutzer als störend empfunden wird. Beim Züblinhaus ist eine höhere Toleranzgrenze im Sommer zu erkennen.

Als größten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren sowie den eindringenden Straßenlärm bei geöffneten Fensterelementen ein. Die Ursachen liegen wesentlich am hohen maßgeblichen Außenlärmpegel, an den Einzelbüros, an den offenen Gruppenbüros sowie an der ungünstigeren Schalldämmung der Bestandsdecken. Im Winter wird die Straßenlärmwirkung bei geöffneten Fensterelementen unverändert schlecht bewertet, obwohl zu diesem Zeitpunkt eigentlich die Fenster in der Regel geschlossen sind. D.h. trotz Lüftungsanlage und geringerer Straßenlärmwirkungen in die Räume bleibt die Nutzerbewertung ungünstig.

Die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonaten) werden im Gegensatz zum Z-Zwo und zum Züblinhaus wesentlich besser eingestuft. Die Gründe sind die höhere Anzahl an Einzelbüros und die vollflächigen Akustikdecken, die den Innenpegel reduzieren.

In Kap. 3.9.4 wurde eine Bewertungskurve für den qualitativen Schallschutz nach Norm erstellt. Die hier ermittelten Bewertungen stimmen mit den Ergebnissen der Nutzerbefragung überein.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränken sich die oben genannte Auswertungen auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter). Eine weitere Auswertung der Nutzeraussagen pro Raum würden weitere individuellere Erkenntnisse und Aufschlüsse pro Raum ergeben, insbesondere im Zusammenhang mit den Messergebnissen aus Kap. 3.11.4.2

#### **3.11.4.4 Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht**

Nachfolgende Abbildung 3.11.4.4.-7 zeigt das neue Bewertungsdiagramm der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Klima und Licht.

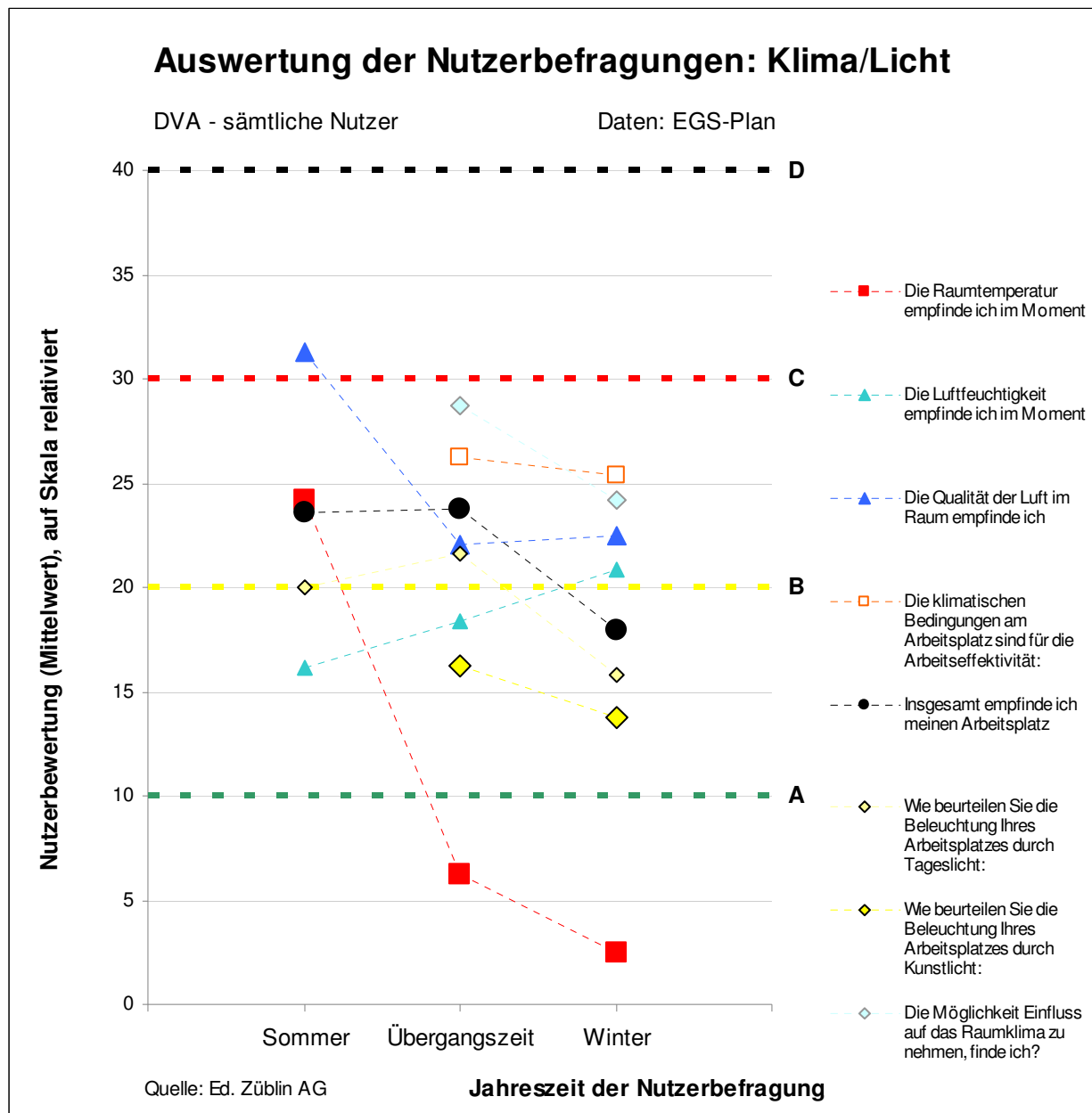


Abbildung 3.11.4.4.- 7      Gemittelte Nutzerbewertung bei unterschiedlichen Jahreszeiten zum Thema Klima und Licht im Gebäude DVA (3 Messtage). (Skaleneinteilung ist zu beachten!)

Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) genommen werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort (Messung (Kap. 3.11.4.2)) erfolgen.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich nachfolgendes Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

### Auswertung und Fazit

Durch das gemeinsame Bewertungsdiagramm lassen sich die Ergebnisse aus den Nutzeraussagen zum Thema Klima und Licht pro Raum und Jahreszeit ganzheitlich vergleichen und bewerten. Die Ergebnisse können mit den Auswertungen mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte, siehe Kap. 3.11.4.2) und Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz, siehe Kap. 3.11.4.3, verglichen werden.

Für die Nutzerumfragen zu den Themen Klima und Licht wurde das Bewertungsdiagramm umgesetzt. Das Diagramm für alle drei Messtage ist in Kap. 3.11.4.4 (Umsetzung der Vergleichbarkeit) abgebildet.

Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränkt sich das Diagramm auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter).

Der Vergleich zeigt, dass die durchschnittliche Bewertung der Themen Klima und Licht um ca. eine 3/4 Kategorienote schlechter sind als beim Züblinhaus. Während die maximalen Bewertungen beim Züblinhaus in der Kategorie B enden, werden in etlichen Einzelbewertungen die Kategorienote B-C bis C erreicht. Dies betrifft die Arbeitseffektivität, die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes, die Luftqualität und die Einflussmaßnahmen auf das Raumklima.

Bei der Empfindung zur Raumtemperatur ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.

Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumlufffeuchtigkeit. Dies entspricht den tatsächlichen Langzeitmessungen, siehe Anlage 4. Die Raumlufffeuchtigkeit wird im Vergleich zu den beiden anderen Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG wesentlich ungünstiger bewertet.

Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes und die Arbeitseffektivität beurteilen die Nutzer schlechter als die Nutzer des Züblinhauses und des Z-Zwos.

Zu beachten ist, dass die Kategorieabstufungen A, B, C und D gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt sind, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen aus den Spalten 4-9 und Kap. 3.11.4.3 (Schallschutz) zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B: A-Kategorie:  $-0,2 > PMV < +0,2$  etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichende Kategorieabstufung ist in der Auswertung zu beachten.

### 3.11.4.5 Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger

#### Einleitung und Zielsetzung

Im gemeinsamen Forschungsvorhaben Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen hat der Arge-Partner von Ed. Züblin AG: Bilfinger und Berger in seinen Forschungsprojekten ebenfalls Nutzerkomfortmessungen durchgeführt und daraus die PMV- und PPD (%) – Indexe (A bis D Kategorien) nach DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] rechnerisch ermittelt, siehe Kapitel 3.11.4.2.

Im Gegensatz zu den Messreihen der Ed. Züblin AG beschränken sich die Messreihen zum Nutzerkomfort bei Bilfinger und Berger auf einen Messtag ohne Wiederholungsmessungen.

Nachfolgende Tabelle stellt die unterschiedlichen Vorgehensweisen zu den Messreihen gegenüber:

|          |   | <b>Bilfinger und Berger</b>      | <b>Ed. Züblin AG</b>   |
|----------|---|----------------------------------|--|
| <b>1</b> | Durchgeführte Anzahl von Messtagen pro Raum     | Kurzzeit-Messungen an 1 Messtag  | Kurzzeit-Messungen an 3 Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) |
| <b>2</b> | Durchgeführte Anzahl von Messreihen pro Messtag | 1 Messreihe pro Raum und Messtag | 3 Messreihen pro Raum und Messtag (morgens, mittags, nachmittags)    |
| <b>3</b> | Anzahl der untersuchten Räume                   |                                  | 6 Räume pro Gebäude  |
| <b>4</b> | Parallel geführte Nutzerumfragen                | (nein)                           | ja   |

Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Messreihen pro Raum, Tag und Jahreszeit können die aus den Messergebnissen rechnerisch ermittelten PMV - Indexe und PPD(%) - Indexe mit den Kategorieabstufungen A bis D nicht miteinander verglichen werden. D.h. der direkte Vergleich der Kategorieabstufungen pro Gebäude ist somit nicht anwendbar.

Aus diesem Grund hat Ed. Züblin AG mit Bilfinger und Berger gemeinsam Vergleichsdiagramme pro Jahreszeit festgelegt, um die Messergebnisse im Rahmen des Forschungsvorhabens aller sechs Forschungsvorhaben, vergleichbar werden zu lassen. Des Weiteren sollen in den Diagrammen die unterschiedlichen Messtage (Sommer, Übergangszeit und Winter) und Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags) differenziert dargestellt werden, damit die richtigen Werte pro Jahres- und Tageszeit abgelesen und verglichen werden können.

Ed. Züblin AG hat neben den Kurzzeit-Messungen die Langzeitmessungen (Raumlufttemperatur, relative Raumlufffeuchte, Außenlufttemperatur) in die gemeinsam festgelegten Auswertungsdiagrammen übertragen. Dadurch erfolgt in den Züblin - Diagrammen

neben den Kurzzeit-Messungen eine Langzeitbetrachtung der Temperaturen und relativen Raumluftfeuchten pro Raum.

### Umsetzung der Vergleichbarkeit

Für die Vergleichbarkeit des Nutzerkomforts wurden folgende Diagramme mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte

Darstellung der Ergebnisse in Behaglichkeitsfeldern für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach F.P. Leusden und H. Freymark [Leusden, Freymark: Darstellung

der Raumbehaglichkeiten für den einfachen praktischen Gebrauch. Gesundheits-Ingenieur Jahrgang 72, Seite 271, 1951], siehe Abbildung 3.11.4.5.-8.

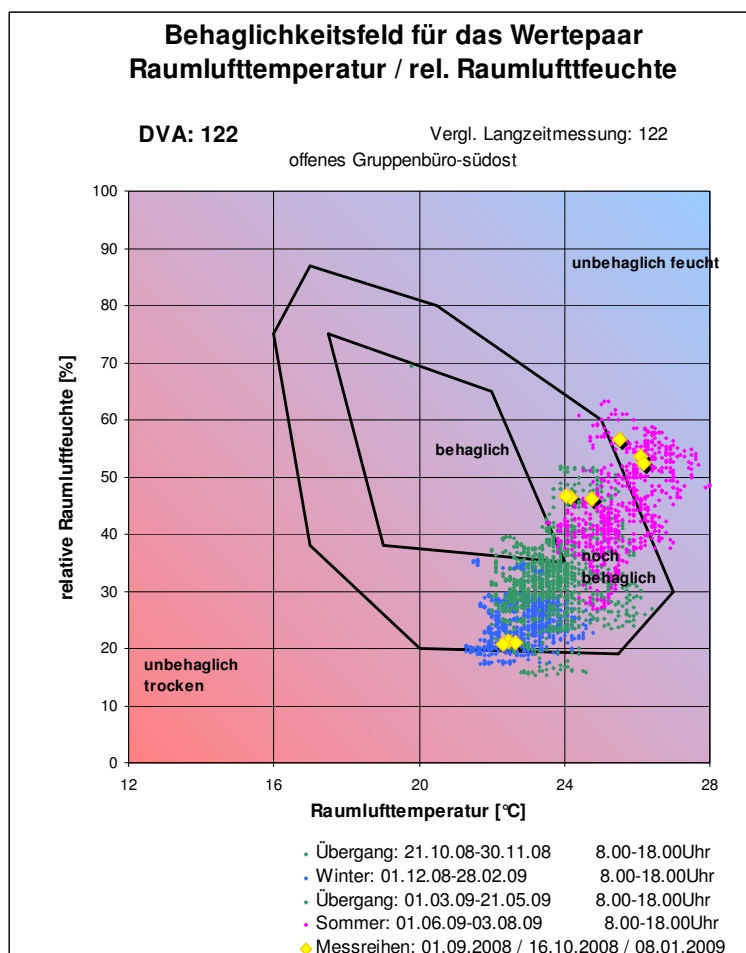


Abbildung: 3.11.4.5.- 8: Behaglichkeitsfeld für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach Leusden und Freymark (sitzende Tätigkeit, am Beispiel des Raums 122, DVA-Gebäude)

Die Raumtemperaturen werden in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte dargestellt und in 4 Behaglichkeitsfelder eingeteilt (behaglich, noch behaglich, unbehaglich feucht, unbehaglich trocken). Im Temperaturbereich von 18 bis 24 °C darf die Luftfeuchte in dem verhältnismäßig großen Bereich von 35% bis 75% schwanken, ohne dass dies als unbehaglich empfunden wird. „Die häufig beklagte „Lufttrockenheit“ bei Werten der relativen

Luftfeuchte unter 30% ist nicht auf den geringen Wassergehalt der Luft, sondern auf verschwelte Staubteilchen in der Luft, die die Atmungsorgane reizen, zurückzuführen“ [Lehrbuch der Bauphysik, Teubnerverlag, 1989, Seite 129].

In Anlage 4 sind die Messergebnisse für das Wertepaar Raumlufttemperatur und relative Luftfeuchte in oben beschriebene Behaglichkeitsfelder pro Raum und Jahreszeit-Messreihe (Sommer, Übergangszeit und Winter) gegenüber gestellt.

Im Gegensatz zu den beiden anderen Forschungsprojekten wurden im DVA-Gebäude die relative Raumluftfeuchte bereits ab Sommer gemessen, daher liegen die Behaglichkeitsfelder für das DVA-Gebäude bereits ab der Messreihe Sommer vor.

Lagen für die Räume mit Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) keine direkten Langzeitmessungen im Raum vor, so wurden den Behaglichkeitsfeldern die Langzeitmessergebnisse von Vergleichsräumen mit ähnlicher Nutzung und Orientierung zu geordnet, siehe hierzu die Gegenüberstellung in Anlage 4, Deckblatt.

Die Langzeitmessergebnisse wurden die Jahreszeiten in folgende Zeiträume eingruppiert:

| Jahreszeit |               | Zeitraum                                       | Anmerkungen  |
|------------|---------------|--|--|
|            | Sommer        | bis 15. 09.2008                                | In der Regel liegen hierfür keine Messeergebnisse vor  |
|            | Übergangszeit | 16.11. bis 30.11.2008<br>01.03. bis 31.05.2009 | Fehlende Datensätze in Behaglichkeitsfeldern = nicht verwertbare Messergebnisse, siehe hierzu gesondertes Kap. 3.12. (Messtechnik)                             |
|            | Winter        | 01.12. bis 31.12.2008<br>01.01. bis 28.02.2009 |  |
|            | Sommer        | 01.06. bis 15.09.2009                          | Messreihen soweit vorhanden ergänzend für Vergleichs-Orientierung aufgenommen. Zeitraum entspricht nicht dem gleichen Jahr der Kurzzeit-Messung (Sommer 2008). |

Die Langzeitmessungen erfolgten im Viertelstunden-Takt pro Stunde. D.h. pro Tag ergeben sich 96 Messpunkte.

Für die Auswertungen in den Behaglichkeitsfeldern erfolgte eine Kappung der Tagesmessung wie folgt:

- Beschränkung der Ergebnisse auf die Arbeitszeit (8-18.00 Uhr) sowie
  - Reduzierung Ergebnisse auf einen Wert pro Stunde.
- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730
- Graphische Darstellung der rechnerisch ermittelten A bis D Kategorieabstufungen des Nutzerkomforts in Anlehnung nach Fanger [Fanger, P.O.: Thermal Comfort, Analysis and



Applications in Environmental engineering, Robert E. Krieger Publishing company, Malabr Flrida, 1982] und DIN EN ISO 7730.

Mit Hilfe des Fanger Kurvenmodells lassen sich aus den rechnerisch ermittelten PMV-Indexe (Klimabeurteilung) die vorhergesagten Prozentsätze der Unzufriedenen (PPD (%) – Index) bei einem bestimmten Umgebungsklima ableiten, siehe hierzu nachfolgende Abbildung 3.11.4.5.-9.

Das zusätzliche Mayer Kurvenmodell wird vergleichend in unten genannte Abbildung aufgenommen. [Mayer, E.: Zulässige Luftgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Turbulenzgrad und Raumtemperatur in klimatisierten Räumen, Abschlussbericht Forschungsvereinigung für Luft- und Trochnungstechnik e.V., 3/1/73/94, Frankfurt/Main, 1994].

## DVA

### Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve

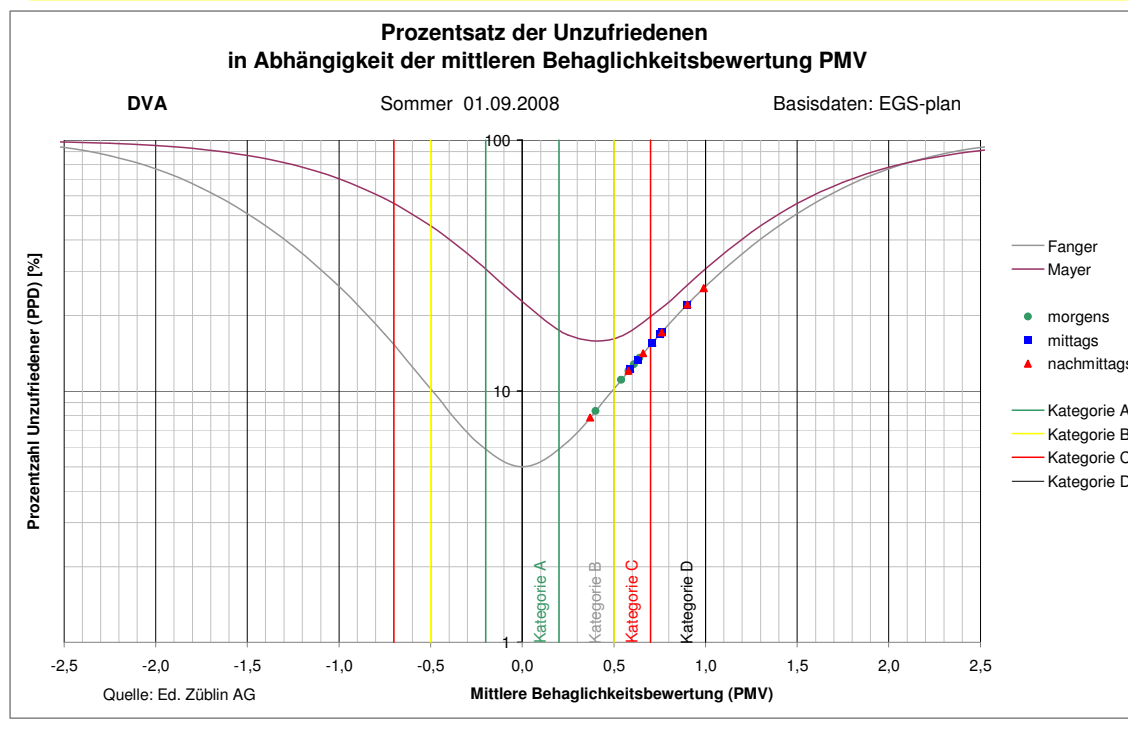


Abbildung: 3.11.4.5.- 9: Vorhergesagter Anteil Unzufriedener (PPD(%)) in Abhängigkeit vom vorhergesagten mittleren Votum (PMV) nach Fanger (1982) und Mayer (1998), inkl. Eintrag der Kurzzeitmessungen im DVA-Gebäude, pro Raum und Tageszeit (Jahreszeit Sommer) auf Kurvenmodell Fanger.

Mayer hat in einer eigenen Feldstudie festgestellt, dass das Optimum des PVM bei +0,4 mit einem Mindestanteil von 16% Unzufriedener liegt. D.h. nach Mayer wird das Optimum an Behaglichkeit zwischen neutral und leicht warm gesehen. Er stellte fest, dass bereits ein PMV-Index von -1 (leicht kühl) als unbehaglich eingestuft wird. Aus dieser Erkenntnis hat

Mayer die Kurve von Fanger modifiziert. Beide Kurvenmodelle beziehen sich auf klimatisierte Räume.

In der Doktorarbeit von Hellwig, Runa Tabea [Hellwig, R. T.: Thermische Behaglichkeit, Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht] erfolgten hierzu weitere Studien.

Basierend auf den Auswertungen von EGS-Plan (Anlage 1), die sich aus dem Kurvenmodell nach Fanger beziehen, wurden die Ergebnisse auf die Fangerkurve im oben genannten Diagramm übertragen.

In Anlage 5 sind die Diagramme pro Gebäude und Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit und Winter) dargestellt. Die Auswertungen über die Tageszeit sind farblich abgegrenzt, sodass eine Gesamtauswertung pro Gebäude und Jahreszeit möglich ist.

▪ **Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2**

Die Kurzzeitmessungen der Raumlufttemperatur werden gegenüber der Außenlufttemperatur aufgetragen und hinsichtlich der Grenzen der DIN 1946 [DIN 1946, Teil 2: Raumlufttechnik, Gesundheitliche Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln), 1994] ausgewertet, siehe Abbildung 3.11.4.5.-10.

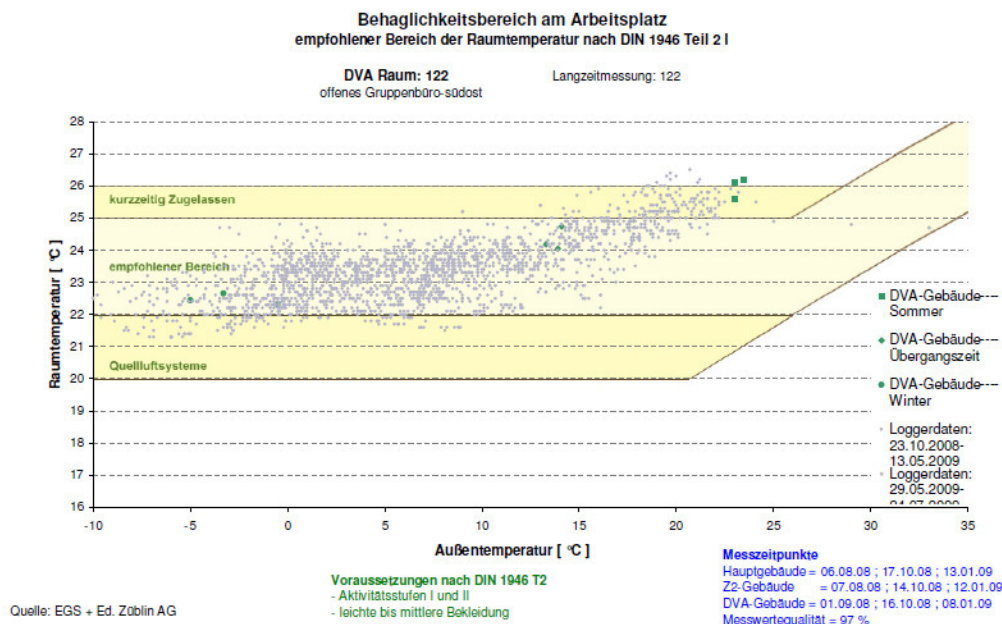


Abbildung: 3.11.4.5.- 10: Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2.

Die DIN 1946-2 bezieht sich zwar auf Räume mit raumlufttechnische Anlagen und wurde von der DIN EN 13779 [DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden -Allgemeine

Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme, 2007-09] abgelöst.

In Rücksprache mit EGS-Plan wurden die Auswertungen nach der alten DIN 1946-2 empfohlen. Dadurch lassen sich die zusätzlichen Auswertungsdiagrammen nach DIN 1946-2 mit den Langzeitmessungen von Ed. Züblin AG (siehe Anlage 6) mit den bereits erfolgten Auswertungsergebnissen von EGS-Plan nach DIN 1946-2 im Abschlussbericht, Anlage 1 vergleichen.

Der Übertrag der Langzeitmessergebnisse erfolgte nach dem gleichen Prinzip wie bei den oben erwähnten Behaglichkeitsfeldern (Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte).

### Auswertung und Fazit

Die Auswertungen der Vergleichsdiagramme ergeben folgende Ergebnisse

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte (Anlage 4)

Zum Zeitpunkt der Kurzzeitmessungen in der Übergangszeit und im Winter sind die Räume als „noch behaglich“ einzustufen. Während der Sommerzeit befinden sich sämtliche Messergebnisse im Behaglichkeitsfeld „nicht behaglich, feucht“.

Für die Langzeitmessungen liegen kontinuierliche Messergebnisse vor (siehe Wolkenbilder in Anlage 4).

Die Messräume mit Langzeitmessungen befinden sich über das ganze Jahr mehrheitlich im Behaglichkeitsfeld „noch behaglich“. Das Behaglichkeitsfeld „behaglich“ wird zu keiner Jahreszeit erreicht.

Im Gesamtvergleich zu den Gebäuden Züblinhaus und Z-Zwo sind die Räume im DVA-Gebäude als unbehaglicher, gemäß o.g. Wertepaar, einzustufen.

- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730 (Anlage 5)

Die Kurzzeitmessungen im Sommer ergeben mehrheitlich ab der Mittagszeit eine vorhergesagte Unzufriedenheit zwischen 12 und 18%. Zum Nachmittag erhöht sich der vorgesehene Prozentansatz von Unzufriedenen auf über 20% gemäß Fanger Kurvenmodell.

Die Unzufriedenheit sinkt im Winter auf 6 bis 10 %. Die Messergebnisse pro Raum streuen im Tagesablauf, sodass keine tagesabhängige Auswertung über alle Räume abgeleitet werden kann.

Generell liegt der Prozentanteil der Unzufriedenen im Sommer und Winter niedriger als im Züblinhaus und der Prozentanteil der Unzufriedenen ist ähnlich dem des Z-Zwos.

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

- Komfortbewertung nach DIN 1946 – Teil 2 (Anlage 6)

Die Kurzzeitmessungen in den drei Jahreszeiten Sommer, Übergangszeit und Winter sowie die Langzeitmessungen ergeben, dass die Raumtemperaturen in allen Räumen überwiegend im empfohlenen Behaglichkeitsbereich liegen.

Die Kurzzeitmessungen im Sommer überschreiten jedoch in der Regel den empfohlenen Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946, Teil 2.

Zu beachten ist, dass die Auswertungen aus den Kurzzeitmessungen ein kurzer Auszug aus dem Jahr sind.

#### **3.11.4.6 Fazit**

Zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas wurde EGS-Plan beauftragt unterschiedliche Messungen gemäß DIN EN ISO 7730 [Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006] durchzuführen, unter anderem die Temperatur, die relative Raumluftfeuchte, die horizontale Temperaturschichtung, die Strahlungstemperaturen, die Zugluft und der CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

Die Kurzzeit-Messungen erfolgten an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) mit jeweils drei Messreihen pro Tag (morgens, mittags und nachmittags). Parallel erfolgten Nutzerbefragungen unter anderem zu den Themen Klima, Licht und Schallschutz, um das subjektive Empfinden der Nutzer zu ermitteln.

Um eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung sämtlicher Bewertungskriterien und Nutzerbefragungen pro Raum und Jahreszeit sowie eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Ergebnissen aus den Nutzerbefragungen zu den Themen Schallschutz und Nutzerkomfort zu erreichen, hat die Ed. Züblin AG die Ergebnisse von EGS-Plan weiter ausgewertet. Dabei wurden die Messergebnisse und Nutzeraussagen neu skaliert und in Gesamtdiagrammen zusammengefasst:

Aussagen und Auswertungen über das subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema Schallschutz in Kombination mit den klimatischen Gegebenheiten erfolgten von EGS-Plan nicht. Daher wurde die Auswertung im oben genannten Vergleich aufgegriffen.

Die Auswertungsergebnisse von EGS-Plan sind dem Abschlussbericht in Anlage 1 zu entnehmen. Die Vorgehensweise und Auswertungsergebnisse von Ed. Züblin AG sind den Kapiteln 3.11.4.2 (Kurzzeit-Messungen zum Nutzerkomfort), 3.11.4.3 (Nutzerbefragung Schallschutz) und 3.11.4.4 (Nutzerbefragung Klima/Licht) zu entnehmen.

Zum Schluss wurden die Messergebnisse, in gemeinsam mit Bilfinger und Berger festgelegte Behaglichkeitsfelder und Behaglichkeitskurven übertragen, die ermöglichen, dass die sechs Verwaltungsgebäude des Forschungsvorhabens bezüglich Ihres Nutzerkomforts bewertet und verglichen werden können (Anlagen 4 bis 6).

Parallel zu den Nutzerkomfort-Messungen hat die Ed. Züblin AG Langzeitmessungen von Raumlufttemperaturen durchgeführt. Die Messtechnik wird unter Kapitel 3.12 beschrieben. Um die Kurz-Zeitmessungen mit den Langzeitmessungen vergleichen zu können, wurden die Langzeitmessungen in die oben genannten Behaglichkeitsfelder übertragen (Anlagen 4 und 6).

Die Vorgehensweise und die Auswertungsergebnisse von Ed. Züblin AG ist in Kapitel 3.11.4.5 beschrieben.

## 3.12 Bauphysikalische Qualitäten – Wetterdaten

### 3.12.1 Einführung

Das Wetter hat einen hohen Einfluss auf den Energiebedarf eines Gebäude. Es ist wichtig dessen Jahresverlauf und die jeweiligen Peakwerte zu verstehen, um die Auswirkungen auf ein Gebäude prognostizieren zu können

Wetterdaten für ein komplettes Jahr wurden primär für die Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik entwickelt. Sie liefern die klimatologische Randbedingung zur Auslegung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen und zu Simulation des thermischen Verhaltens von Gebäuden. Klimadatenätze können darüber hinaus für die Simulation anderer technischer und nichttechnischer Systeme verwendet werden, die in vergleichbarer Weise von meteorologischen Elementen abhängen, z.B. für Fragen zur Anwendung der Solarenergie.

Für solche Berechnungen stehen verschiedene Klimadatenätze zur Verfügung. So gibt es beispielsweise neben den Datensätzen des Deutschen Wetterdienstes (DWD), die sogenannten Testreferenzjahre, auch die Software Meteonorm, mit der sich für jeden beliebigen Standort Wetterdaten generieren lassen kann.

Es stellt sich die Frage, welchen Wetterdatensatz man für den jeweiligen Anwendungsfall verwenden sollte und inwieweit sich die Datensätze unterscheiden.

Im nachfolgenden Abschnitt wird dieser Problematik nachgegangen indem die Datensätze ausgewertet und verglichen werden. Zusätzlich wird ein Vergleich von realen Messwerte und den zur Verfügung stehenden Datensätzen angestellt.

### 3.12.2 Quellen für Wetterdaten

#### TRY Datensätze des Deutschen Wetterdienstes (DWD)

Es existieren für das gesamte Bundesgebiet so genannte Testreferenzjahre die gemäß der international gebräuchlichen Nomenklatur als TRY = **T**est **R**eference **Y**ear abgekürzt werden. Bei den Testreferenzjahren handelt es sich um Datensätze ausgewählter meteorologischer Elemente für jede Stunde eines Jahres für verschiedene Regionen Deutschlands. Die Testreferenzjahre beinhalten den charakteristischen Witterungsverlauf eines kompletten Jahres. Sie basieren auf verschiedenen realen Witterungsabschnitten, die für alle Testreferenzjahre bzw. für jede Region identisch sind. Die Witterungsabschnitte wurden so ausgewählt, dass die Jahreszeitenmittelwerte der einzelnen Wetterelemente (insbesondere Lufttemperatur und

Luftfeuchte) an den Repräsentanzstationen möglichst gut mit den dreißigjährigen Mittelwerten übereinstimmen (neue Bezugsperiode 1961 - 1990). Mit Glättungs- und Interpolationsverfahren wurden die Daten aus den verschiedenen Witterungsabschnitten geeignet aneinander angepasst.

Die in den Testreferenzjahren verwendeten realen Zeitabschnitte sind in Abbildung 1 aufgeführt.

| Testreferenzjahr | Quellzeiträume      |
|------------------|---------------------|
| 01.01. - 11.01.  | 01.01.91 - 11.01.91 |
| 12.01. - 26.01.  | 12.01.86 - 26.01.86 |
| 27.01. - 15.02.  | 27.01.87 - 15.02.87 |
| 16.02. - 28.03.  | 16.02.88 - 28.03.88 |
| 29.03. - 02.05.  | 29.03.86 - 02.05.86 |
| 03.05. - 29.06.  | 03.05.90 - 29.06.90 |
| 30.06. - 21.09.  | 30.06.88 - 21.09.88 |
| 22.09. - 31.10.  | 22.09.87 - 31.10.87 |
| 01.11. - 31.12.  | 01.11.90 - 31.12.90 |

*Abbildung 3.12.2- 147 Reale Zeitabschnitte der Testreferenzjahre (DWD)*

Für diese jahreszeitenmittelwerttreuen Testreferenzjahre wurde das Bundesgebiet in 15 Regionen unterteilt, d.h. es existieren 15 verschiedene Datensätze als Testreferenzjahre für Deutschland<sup>14</sup>.

---

<sup>14</sup> Quelle: Deutscher Wetterdienst, Testreferenzjahre von Deutschland für mittlere und extreme Witterungs-verhältnisse TRY



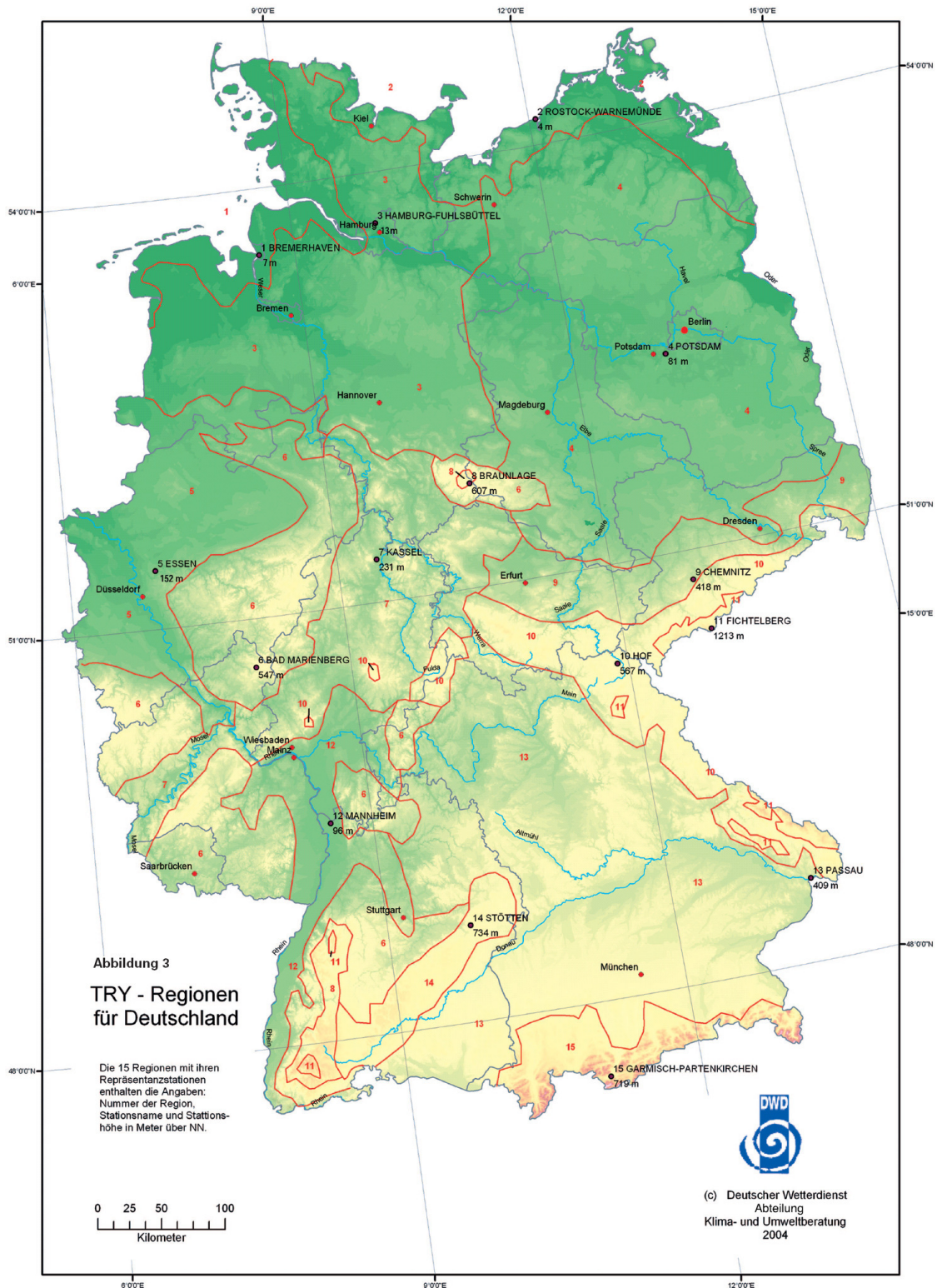


Abbildung 3.12.2- 148 Einteilung der Regionen für die TRY (Quelle DWD)

Abbildung 3 zeigt den Regionen die zugeordneten Repräsentanzstationen:



Im Einzelnen handelt es sich um folgende Regionen und Repräsentanzstationen:

| TRY REGION   | REPRÄSENTANZSTATION    | Höhe<br>ü. NN | Strahlungsmesstation               |
|--|------------------------|---------------|------------------------------------|
| 1 Nordseeküste                                       | Bremerhaven            | 7 m           | Norderney                          |
| 2 Ostseeküste  | Rostock-Warnemünde     | 4 m           | Heiligendamm                       |
| 3 Nordwestdeutsches Tiefland                         | Hamburg-Fuhlsbüttel    | 13 m          | Hamburg-Sasel                      |
| 4 Nordostdeutsches Tiefland                          | Potsdam                | 81 m          | Potsdam                            |
| 5 Niederrheinisch-westfälische Bucht und Emsland     | Essen                  | 152 m         | Gelsenkirchen                      |
| 6 Nördliche u. westliche Mittelgebirge, Randgebiete  | Bad Marienberg         | 547 m         | (Bad Lippspringe)<br>(Lüdenscheid) |
| 7 Nördl. u. westl. Mittelgebirge, zentrale Bereiche  | Kassel                 | 231 m         | Kassel                             |
| 8 Oberharz und Schwarzwald (mittlere Lagen)          | Braunlage              | 607 m         | Braunlage                          |
| 9 Thüringer Becken und Sächsisches Hügelland         | Chemnitz               | 418 m         | Chemnitz                           |
| 10 Südöstliche Mittelgebirge bis 1000 m              | Hof                    | 567 m         | Zinnwald                           |
| 11 Erzgebirge, Böhmer- u. Schwarzwald oberh.1000 m   | Fichtelberg            | 1213 m        | Fichtelberg                        |
| 12 Oberrheingraben und unteres Neckartal             | Mannheim               | 96 m          | Mannheim                           |
| 13 Schwäbisch-fränkisches Stufenland u. Alpenvorland | Passau                 | 409 m         | Passau                             |
| 14 Schwäbische Alb und Baar                          | Stötten                | 734 m         | Stuttgart-Schnarrenberg            |
| 15 Alpenrand und -täler                              | Garmisch-Partenkirchen | 719 m         | Weihenstephan                      |

Abbildung 3.12.2- 149 Repräsentanzstationen der Regionen (Quelle: DWD)

Die Datensätze beinhalten neben allgemeinen Informationen wie Standortinformationen und Zeitangaben auch diverse Wetterelemente (Abbildung 4):

Die in den stündlichen Records enthaltenen Größen haben folgende Abkürzungen, Einheiten, Wertebereiche (oder Zusatzinformationen) und Formate:

|  |                                      |                   |      |
|--|--------------------------------------|-------------------|------|
| TRY-Region   | RG                                   | {1..15}           | 1 2  |
| Standortinformation                                      | IS                                   | {1;2}             | 1 4  |
| Monat  | MM                                   | {1..12}           | 1 2  |
| Tag  | DD                                   | {1..28,30,31}     | 1 2  |
| Stunde (MEZ)   | HH                                   | {1..24}           | 1 2  |
| Bedeckungsgrad   | N [Achtel]                           | {0..8;9}          | 1 1  |
| Windrichtung in 10 m Höhe über Grund                     | WR [°]                               | {0;10..360;999}   | 1 3  |
| Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund              | WG [m/s]                             |                   | F6.1 |
| Lufttemperatur in 2 m Höhe über Grund                    | t [°C]                               |                   | F6.1 |
| Luftdruck in Stationshöhe                                | p [hPa]                              |                   | F7.1 |
| Wasserdampfgehalt, Mischungsverhältnis                   | x [g/kg]                             |                   | F6.1 |
| Relative Feuchte in 2 m Höhe über Grund                  | RF [%]                               | {1..100}          | 1 3  |
| Wetterereignis der aktuellen Stunde                      | W                                    | {0..99}           | 1 2  |
| Direkte Sonnenbestrahlungsstärke (horiz. Ebene)          | B [W/m²] abwärts gerichtet: positiv  |                   | 1 4  |
| Diffuse Sonnenbestrahlungsstärke (horiz. Ebene)          | D [W/m²] abwärts gerichtet: positiv  |                   | 1 4  |
| Information, ob B und/oder D Messwert/Rechenwert         | IK                                   | {1;2;3;4}         | 1 1  |
| Bestrahlungsstärke d. atm. Wärmestrahlung (horiz. Ebene) | A [W/m²] abwärts gerichtet: positiv  |                   | 1 4  |
| Bestrahlungsstärke d. terr. Wärmestrahlung               | E [W/m²] aufwärts gerichtet: negativ |                   | 1 5  |
| Qualitätsbit für die langwelligen Strahlungsgrößen       | IL                                   | {1;2;3;4;5;6;7;8} | 1 1  |

Abbildung 3.12.2- 150 Inhalt der TRY- Datensätze (Quelle: DWD)

Korrektur zur Höhenlage

Falls die Höhe eines Standortes um mehr als 100 m von der Höhe der Repräsentanzstation abweicht, sollte eine Höhenkorrektur der Temperatur und des Wasserdampfgehalts durchgeführt werden. Abbildung 4 und 5 zeigen die Korrekturwerte für die jeweilige Region bei einem Höhenunterschied von 100 m.

| Region                            | Repräsentanzstation    | Höhe   | JAN   | FEB   | MRZ   | APR   | MAI   | JUN   | JUL   | AUG   | SEP   | OKT   | NOV   | DEZ   | JAHR  |
|-----------------------------------|------------------------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 Nordseeküste                    | Bremerhaven            | 7 m    | Es gibt keine abweichende Standorthöhen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2 Ostseeküste                     | Rostock-Warnemünde     | 4 m    | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3 Nordwestliches Tiefland         | Hamburg-Fuhlsbüttel    | 13 m   | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4 Nordöstliches Tiefland          | Potsdam                | 81 m   | -0,89   | -1,01 | -1,24 | -0,87 | -0,84 | -0,78 | -0,88 | -0,76 | -0,94 | -0,79 | -0,76 | -0,85 | -0,88 |
| 5 Niederrhein                     | Essen                  | 152 m  | -0,78   | -0,85 | -1,05 | -0,92 | -0,85 | -0,95 | -0,93 | -0,91 | -0,91 | -0,72 | -0,69 | -0,74 | -0,86 |
| 6 N-W Mittelgeb., Randgebiete     | Bad Marienberg         | 547 m  | -1,77   | -1,45 | -1,10 | -0,92 | -0,85 | -0,85 | -0,94 | -1,07 | -1,28 | -1,04 | -0,95 | -1,56 | -1,15 |
| 7 N-W Mittelgeb., zentr. Bereiche | Kassel                 | 231 m  | -0,92   | -0,95 | -1,04 | -0,98 | -0,88 | -0,94 | -0,89 | -0,93 | -1,02 | -0,87 | -0,74 | -0,96 | -0,93 |
| 8 Schwarzwald                     | Braunlage              | 607 m  | -1,54   | -1,32 | -1,09 | -1,01 | -1,08 | -0,99 | -1,04 | -1,18 | -1,32 | -1,27 | -1,10 | -1,02 | -1,16 |
| 9 Thüringer Becken                | Chemnitz               | 418 m  | -1,13   | -1,27 | -1,32 | -1,16 | -1,04 | -0,95 | -0,87 | -0,96 | -1,15 | -1,19 | -1,06 | -0,98 | -1,09 |
| 10 SE Mittelgebirge bis 1000m     | Hof                    | 567 m  | -1,63   | -1,74 | -1,56 | -1,29 | -1,00 | -0,87 | -0,74 | -0,97 | -1,09 | -1,22 | -1,20 | -1,13 | -1,20 |
| 11 Mittelgebirge über 1000m       | Fichtelberg            | 1213 m | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12 Oberrhein                      | Mannheim               | 96 m   | -0,98   | -1,05 | -1,05 | -0,87 | -0,77 | -0,72 | -0,81 | -0,88 | -0,94 | -0,87 | -0,99 | -0,91 | -0,90 |
| 13 Franken, Alpenvorland          | Passau                 | 409 m  | -1,38   | -1,42 | -1,28 | -1,05 | -0,82 | -0,81 | -0,75 | -0,76 | -0,83 | -0,75 | -0,99 | -1,07 | -0,99 |
| 14 Schwäbische Alb                | Stötten                | 734 m  | 0,43  | 0,25  | -0,08 | -0,76 | -0,82 | -0,88 | -1,01 | -1,12 | -0,35 | -0,04 | 0,00  | 0,33  | -0,34 |
| 15 Alpenrand, Täler               | Garmisch-Partenkirchen | 719 m  | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Abbildung 3.12.2- 151 Höhenkorrekturwerte für Temperatur (DWD)

| Region                            | Repräsentanzstation    | Höhe   | JAN   | FEB   | MRZ   | APR   | MAI   | JUN   | JUL   | AUG   | SEP   | OKT   | NOV   | DEZ   | JAHR  |
|-----------------------------------|------------------------|--------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 Nordseeküste                    | Bremerhaven            | 7 m    | Es gibt keine abweichende Standorthöhen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m           |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2 Ostseeküste                     | Rostock-Warnemünde     | 4 m    | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3 Nordwestliches Tiefland         | Hamburg-Fuhlsbüttel    | 13 m   | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4 Nordöstliches Tiefland          | Potsdam                | 81 m   | -0,27   | -0,34 | -0,34 | -0,22 | -0,21 | -0,23 | -0,21 | -0,18 | -0,32 | -0,25 | -0,24 | -0,28 | -0,26 |
| 5 Niederrhein                     | Essen                  | 152 m  | -0,24   | -0,28 | -0,30 | -0,27 | -0,23 | -0,26 | -0,29 | -0,27 | -0,25 | -0,23 | -0,24 | -0,19 | -0,25 |
| 6 N-W Mittelgeb., Randgebiete     | Bad Marienberg         | 547 m  | -0,52   | -0,44 | -0,30 | -0,30 | -0,27 | -0,28 | -0,31 | -0,37 | -0,36 | -0,29 | -0,27 | -0,51 | -0,35 |
| 7 N-W Mittelgeb., zentr. Bereiche | Kassel                 | 231 m  | -0,25   | -0,23 | -0,28 | -0,26 | -0,21 | -0,23 | -0,29 | -0,27 | -0,26 | -0,28 | -0,17 | -0,30 | -0,25 |
| 8 Schwarzwald                     | Braunlage              | 607 m  | -0,47   | -0,40 | -0,29 | -0,34 | -0,34 | -0,25 | -0,32 | -0,39 | -0,44 | -0,41 | -0,33 | -0,30 | -0,36 |
| 9 Thüringer Becken                | Chemnitz               | 418 m  | -0,35   | -0,37 | -0,39 | -0,38 | -0,34 | -0,24 | -0,24 | -0,27 | -0,30 | -0,33 | -0,32 | -0,27 | -0,32 |
| 10 SE Mittelgebirge bis 1000m     | Hof                    | 567 m  | -0,49   | -0,59 | -0,49 | -0,38 | -0,31 | -0,21 | -0,16 | -0,27 | -0,33 | -0,40 | -0,34 | -0,33 | -0,36 |
| 11 Mittelgebirge über 1000m       | Fichtelberg            | 1213 m | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12 Oberrhein                      | Mannheim               | 96 m   | -0,25   | -0,35 | -0,27 | -0,28 | -0,22 | -0,20 | -0,23 | -0,20 | -0,23 | -0,25 | -0,32 | -0,29 | -0,26 |
| 13 Franken, Alpenvorland          | Passau                 | 409 m  | -0,42   | -0,40 | -0,39 | -0,30 | -0,19 | -0,26 | -0,18 | -0,17 | -0,21 | -0,16 | -0,32 | -0,30 | -0,28 |
| 14 Schwäbische Alb                | Stötten                | 734 m  | 0,23  | 0,11  | 0,01  | -0,19 | -0,19 | -0,25 | -0,27 | -0,34 | -0,04 | 0,05  | 0,01  | 0,12  | -0,06 |
| 15 Alpenrand, Täler               | Garmisch-Partenkirchen | 719 m  | Nicht ausreichend viele Wetterstationen mit einer Höhendifferenz von mehr als 100 m vorhanden |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Abbildung 3.12.2- 152 Höhenkorrekturwerte für Wasserdampfgehalt (DWD)

Die stündlichen Werte der Repräsentanzstation werden je nach Höhendifferenz und Monat mit den Korrekturwerten aus **Abbildung 3.12.2- 151** und **Abbildung 3.12.2- 152** beaufschlagt.

### Korrektur für Stadtlage

Die Lufttemperatur nimmt vom Umland zu den größeren Städten hin zu. Diese Änderung liegt bei wolkenarmen, sommerlichen Hochdruckwetterlagen in derselben Größenordnung wie die Höhenabhängigkeit. Bei gut durchmischten Wetterlagen (hohe Windgeschwindigkeiten) und bei dichten Wolkendecken treten dagegen nur vernachlässigbare Unterschiede auf. Es gibt zwar einige Städte in Deutschland, für die aus temporären Messungen entsprechende Temperaturgradienten vorliegen. Wegen der Abhängigkeit der Temperaturgradienten von der Wetterlage und den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten lassen sich für Deutschland aber keine allgemein gültigen Korrekturfaktoren für den Stadteinfluss angeben. Zu den örtlichen Besonderheiten gehören z.B. Talkessellagen wie in Stuttgart und Kassel, Stadtlagen direkt an der Küste wie z.B. in Kiel und Rostock, sowie die von Stadt zu Stadt unterschiedliche Ausdehnung, Bebauungsdichte, Bebauungsart und Belüftung durch Frischluftschneisen (DWD).

### Extremwerte

Die TRY- Datensätze enthalten keine Daten aus extrem heißen und kalten Witterungsabschnitten, die für die Auslegung von heiz- und raumluftechnischen Anlagen notwendig sind.

Zur Auswahl eines besonders heißen Sommers wurden für alle Repräsentanzstationen die Stunden ausgezählt, in denen die Lufttemperatur  $\geq 25$  °C betrug. Für die drei Wintermonate vom Dezember bis Februar wurde die Anzahl der Stunden bestimmt, in denen die Lufttemperatur  $\leq -5$  °C war. Da in der ersten Hälfte der 90er Jahre einige sehr heiße Sommer und 1995/96 ein sehr kalter Winter aufgetreten sind, wurde die Untersuchungsperiode zur Auswahl eines extremen Sommer- und Winterdatensatzes gegenüber der sonst üblichen Periode von 1961 bis 1990 auf den Zeitraum von 1961 bis 1995 bzw. für die Winter von 1961/62 bis 1995/96 ausgedehnt. Anhand dieser Voruntersuchung wurde die Rangfolge der fünf heißesten Sommer und der fünf kältesten Winter bestimmt.

Als Bezugszeitraum für den extremen Winterdatensatz wurde der Dezember 1984 bis Februar 1985 bestimmt, der an den meisten Stationen am zweit- bzw. drittkältesten war. Nur an den hochgelegenen Repräsentanzstationen nimmt dieser Winter eine hintere Position ein (5. bis 7. Rang). Für den Sommerdatensatz wurde der Juni bis August 1983 bestimmt, der an den meisten Stationen den zweiten, dritten oder vierten Rang einnimmt (DWD)

Meteonorm

Durch die Software Meteonorm der Firma Meteotest können von jedem beliebigen Standort der Erde Klimadaten ermittelt werden. Grundlage dafür bieten verschiedene internationale Datenbanken sowie Messwerte zahlreicher Wetterstationen. Die Meteonorm Datenbank verfügt über Wetterdaten von 6.200 Städte, ca. 8.000 Wetterstationen und 92 design reference years (DRY). Die Messstationen, welche von Meteonorm verwendet werden, sind in Tabelle 1 aufgelistet.

| Available parameters  | global radiation and temperature | temperature, additional parameters | only temperature or radiation | total |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------|
| Europe                | 361                              | 1'154                              | 36                            | 1'551 |
| North America         | 287                              | 2'178                              | 19                            | 2'484 |
| South/Central America | 102                              | 685                                | 62                            | 849   |
| Asia (with Russia)    | 288                              | 1'491                              | 36                            | 1'815 |
| Australia / Pacific   | 61                               | 675                                | 30                            | 766   |
| Africa                | 130                              | 449                                | 11                            | 590   |
| World                 | 1'229                            | 6'632                              | 194                           | 8'055 |

*Tabelle 3.12.2- 31 Verfügbare Wetterstationen (Meteonorm)*

Die Daten von den Wetterstationen sind als monatliche Mittelwerte abgelegt. Falls stündliche Wetterdaten benötigt werden, generiert das Programm mittels Interpolationsverfahren aus den Monatsmittelwerten stündlich Werte.

Die Zeitperiode aus dem das Programm ein Referenzjahr generiert kann für die Strahlung zwischen 1981 und 1990 oder zwischen 1981 und 2000 definiert werden.

Für andere Wetterelemente wie die Temperatur kann die Zeitperiode zwischen 1961 und 1990 oder zwischen 1996 und 2005 ausgewählt werden.

Für Standorte an denen keine Messwerte einer Station vorliegen werden die Daten umliegender Wetterstation für den jeweiligen Standort interpoliert.

Meteonorm bietet die Möglichkeit die aufbereiteten Wetterdaten in zahlreichen verschiedenen Formaten ausgeben zu können. Dadurch können die Wetterdaten beispielsweise im benötigten Format in eine Simulationssoftware wie TRNSYS oder TAS eingelesen werden.

Neben unterschiedlichen Zeitschritten (Minuten, Stunden, Monatswerte) der Ausgabedaten lassen sich auch verschiedene Modelle und weitere Einstellungen, entsprechend der weiteren Verwendung der Daten ermitteln:

- **Clear Sky radiation:** Maximale globale Strahlung bei unbedecktem Himmel. Für die Temperatur wird bei Auswahl dieses Strahlungsmodells die wärmste mögliche Temperatur genommen
- **10 Jahre Extremwerte:** Dieses Modell erzeugt Temperaturextremwerte aus einer 10-Jahresperiode. Zusätzlich können monatliche Extremwerte für die Strahlung ausgegeben werden.

#### Korrektur für örtliche Gegebenheiten

Im Gegensatz zu den Klimadatenauswertungen des Deutschen Wetterdienstes zeigt Meteonorm 6.1 Möglichkeiten auf, den Einfluss von örtlichen Gegebenheiten (Abb. 7 u. Tab. 2) mit den Messwerten einer Station zu korrigieren. Tabelle 3 zeigt die dafür verwendeten Korrekturwerte für Temperatur.

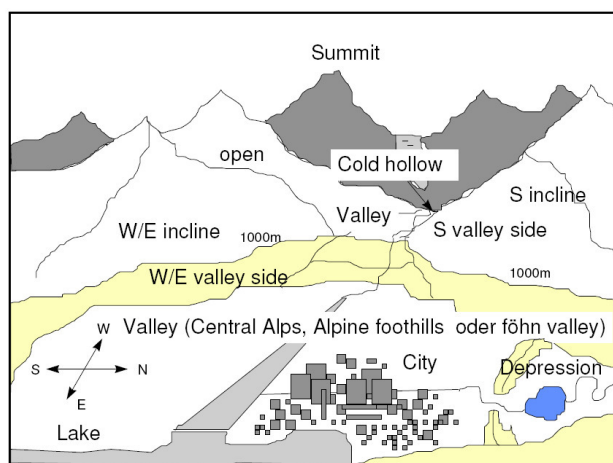


Abbildung 3.12.2- 153 Verschiedene örtliche Gegebenheiten



| Terrain                 | Features   |
|-------------------------|--|
| Open                    | Open site, open terrain, north facing incline, no raised skyline. Applies to most sites.   |
| Depression              | Depression or very flat valley floor, in which cold air collects, particularly in the Jura and the Alps.   |
| Cold hollow             | Extensive cold hollows, e.g. in the valleys of Goms and Oberengadin.   |
| Sea/lake                | Shore of sea or larger lake (up to 1 km from the shore).   |
| City                    | Centre of larger city (over 100'000 inhabitants).  |
| S incline               | South facing incline (above approx. 10° inclination) (incline facing between SE - S - SW). At least 200 m above valley floor.                              |
| W/E incline             | West or east facing incline (exceeding approx. 10° inclination) (incline facing between SW - W - NW or. NE - E - SE). Minimum of 200 m above valley floor. |
| Valley                  | Valley floor in mountainous valley at higher altitudes. Valley floor inclined (flat valleys are often treated as depressions).                             |
| Valley Central Alps     | Floor of large central Alpine valley (e.g. Alpine regions of Valais).  |
| Föhn valley             | Valley floor of föhn valley (regions with warm descending air currents).   |
| Valley Alpine foothills | Valley floor in northern Alpine foothills.   |
| S valley side           | South facing incline (exceeding approx. 10° inclination) up to 200 m above valley (incline facing between SE - S - SW).                                    |
| W/E valley side         | West or east facing incline (exceeding approx. 10° inclination) up to 200 m above valley floor (incline facing between SW - W - NW or. NE - E - SE).       |
| Summit                  | Open summit above 500 m. Overlooking surroundings in all directions.   |

*Tabelle 3.12.2- 32 Beschreibung der örtlichen Gegebenheiten*

| Feature            | Zone | Jan  | Feb  | Mar  | April | May  | June | July | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  |
|--------------------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| level ground       | A    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| depression         | A    | -1.6 | -0.7 | -0.5 | -0.4  | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -0.4 | -0.7 | -1.2 |
| cold hollow        | A    | -3.9 | -2.8 | -1.7 | -0.4  | -0.4 | -0.3 | -0.3 | -0.2 | -0.2 | -1.0 | -2.2 | -3.8 |
| lake               | A    | 1.2  | 0.8  | 0.0  | -0.5  | -0.7 | -0.7 | -0.4 | -0.1 | 0.4  | 0.6  | 0.7  | 1.1  |
| city               | A    | 1.1  | 1.0  | 0.8  | 0.8   | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.2  |
| S-facing incline   | N    | 1.8  | 1.2  | 1.0  | 0.8   | 0.8  | 0.6  | 0.8  | 0.8  | 1.1  | 1.4  | 1.7  | 1.7  |
| S-facing incline   | S    | 3.4  | 2.9  | 1.9  | 1.3   | 1.3  | 1.3  | 1.5  | 1.7  | 1.8  | 2.1  | 2.8  | 3.7  |
| W/E-facing incline | N    | 0.9  | 1.8  | 0.6  | 0.5   | 0.4  | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.4  | 0.6  | 0.7  | 0.9  |
| W/E-facing incline | S    | 1.7  | 1.5  | 1.0  | 0.7   | 0.7  | 0.7  | 0.8  | 0.9  | 0.9  | 1.1  | 1.4  | 1.9  |
| valley             | N    | 0.3  | 0.3  | 0.2  | 0.2   | 0.2  | 0.2  | 0.1  | 0.1  | 0.1  | 0.2  | 0.2  | 0.2  |
| valley             | S    | 1.8  | 1.6  | 1.1  | 1.0   | 1.0  | 0.7  | 0.9  | 1.0  | 1.0  | 1.2  | 1.6  | 2.1  |

\*S-facing incline. For southern hemisphere: N-facing incline!

**Zone:** **N:** Regions north of 45°N or south of 45°S **A:** General **S:** Regions south of 45°N and north of 45°S

**Feature:** **Depression:** Small and medium depressions with formation of cold hollows, particularly in winter, or strongly shaded. Mainly confined to mountainous regions.

**Cold hollow:** Includes the extensive cold hollows of central Alpine valleys such as in upper Engadine in Switzerland.

**Lake:** Vicinity of sea or larger lakes (> 100 km<sup>2</sup>). Site not more than 1 km from the shore.

**City:** Applicable to centers of larger cities with over 100,000 inhabitants.

(See also Fig. 2.2.1 and Tab. 2.2.1)

*Tabelle 3.12.2- 33 Korrekturwerte bei verschiedenen örtlichen Gegebenheiten für die Temperatur*

Für die Korrektur der Windgeschwindigkeit sind in Tabelle 4 abhängig vom Gelände Werte aufgeführt.

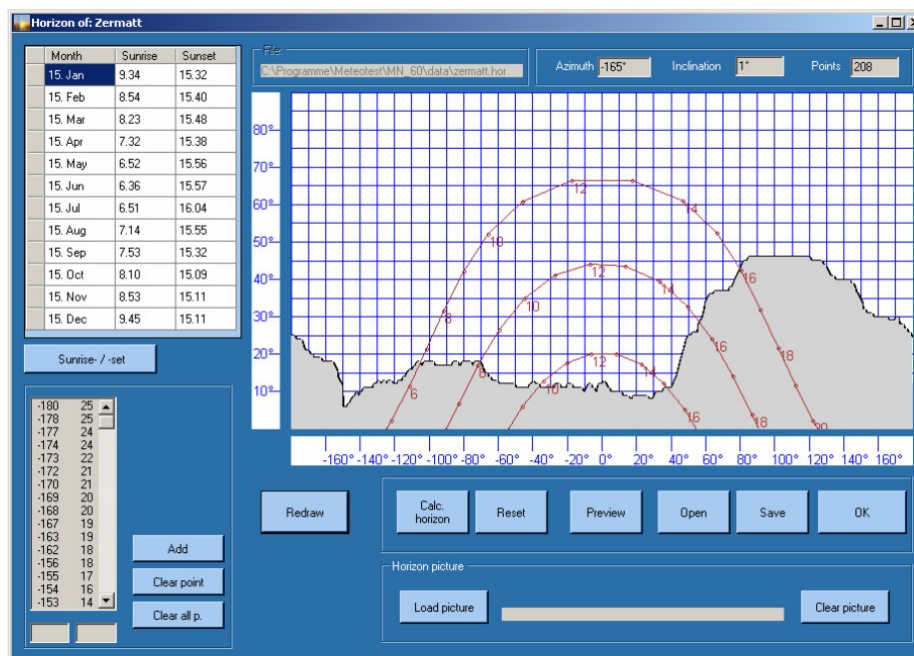
| Terrain                    | Correction factor [m/s]<br>(applicable to all months of year) |
|----------------------------|---|
| Sheltered terrain (cities) | -1.0  |
| Level ground               | 0.0   |
| Sea shore                  | 1.0   |
| Hills and ridges           | 3.0   |

*Tabelle 3.12.2- 34 Korrekturwerte für Windgeschwindigkeit bei verschiedenen Geländen*

Erzeugen eines realen Horizonts

Nachbargebäude sowie Berge und Hügel in unmittelbarer Umgebung zum Standort von welchem Klimadaten benötigt werden, haben enormen Einfluss auf einige Wetterelemente wie z. B. Strahlung. Meteororm bietet daher die Möglichkeit einen realen Horizont zu erstellen.

Die Skyline wird je nach Orientierung in 1° Schritten eingegeben. Dadurch kann ein 360 ° Horizontprofil realitätsnah dargestellt werden.



*Abbildung 3.12.2- 154 In Meteororm erstellter Horizont*

Nachdem ein Skyline Profil erstellt wurde errechnet das Programm Sonnenaufgang und Sonnenuntergang und zeigt die jeweiligen Uhrzeiten in einer Liste an (Abb.8). Mehrere Sonnenaufgänge und Sonnenuntergänge beispielsweise hervorgerufen durch Bäume oder Türme werden ebenso ermittelt.

Die Globalstrahlung wird je nach Horizontprofil entsprechend korrigiert ausgegeben.



*Abbildung 3.12.2- 155 System zum aufzeichnen eines realen Horizonts (Meteotest)*

Der Horizont kann außerdem beispielsweise über das System HORlcatcher von Meteotest mittels Digitalkamera aufgezeichnet, mit einer Software ausgewertet und in Meteonorm als 360° Bild eingelesen werden. Meteonorm erlaubt es zusätzlich Bilder des realen Horizonts in jpg- oder png- Format zu importieren.

### Klimaatlas Region Stuttgart

Der Klimaatlas Region Stuttgart umfasst den Bereich der Region Stuttgart mit einem Gebiet von 3654 km<sup>2</sup>. Er stellt eine raumbezogene Bestandsaufnahme des heutigen Klimas dar. Im Grundlagenteil wird das Klima und die Luft als Planungsfaktor behandelt sowie das regionale Klima beschrieben. In diesem Kapitel wird auch auf die angewandte Methodik bei der Erstellung der Klimakarten etc. näher eingegangen. Der Kartenteil gliedert sich in Grundlagen-, Ergebnis- und Analysekarten. In den Grundlagenkarten werden Karten dargestellt, die für die Beurteilung und Bewertung des Klimas relevant sind, wie z. B. die Höhe, die Landnutzung und die Lage der Messstationen. In diesen Teil wurden auch Karten zum Straßenverkehrslärm (Tag, Nacht) sowie eine Karte mit ruhigen Gebieten aufgenommen. Die Ergebniskarten geben Auskunft über die Oberflächentemperaturen, die mittleren jährlichen Temperaturverhältnisse,



Kaltluftentstehung, Kaltluftmächtigkeit und die nächtlichen Kaltluftströme. Des Weiteren gibt es Karten zu den durch das Relief geprägten Windverhältnissen. Karten mit typischen Tagen wie z.B. Heiße Tage, Sommertage, Frosttage, Eistage oder Tage mit Schneebedeckung wurden aus dem Klimaatlas Baden- Württemberg abgeleitet, während die Karten zur Luftbelastung (NO<sub>x</sub> und PM<sub>10</sub>) aus dem Emissionskataster 2004 der LUBW erzeugt wurden. In den Analysekarten werden unterschiedliche Ergebnisse miteinander verknüpft und bewertet. Beispiele hierzu sind Karten zur bioklimatischen Belastung auch im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung. Bereiche mit Potenzieller Luftbelastung sind ebenso kartiert wie Gebiete mit unterschiedlichen Erholungseignungen. In den Klimaanalysekarten sind die wichtigsten Ergebnisse Zusammengefasst, die dann zu den Planungshinweiskarten führen. [Klimaatlas Stuttgart]

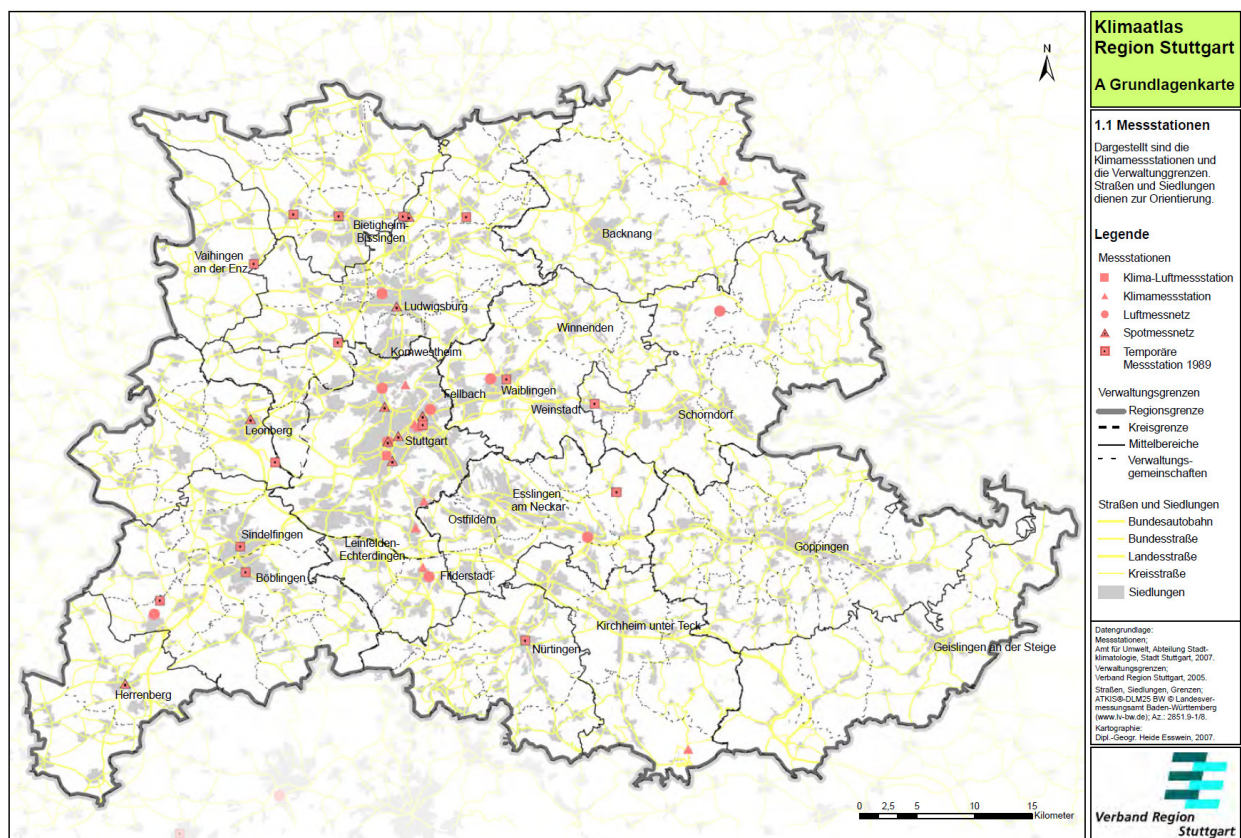


Abbildung 3.12.2- 156 Messstationen in BW (Quelle: Klimaatlas Region Stuttgart)

|             | Temperatur<br>Mittel in °C | Eistage   | Frosttage | Sommertage |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|------------|
| Jan         | 0.4                        | 8         | 22        | 0          |
| Feb         | 1                          | 5         | 18        | 0          |
| März        | 4.5                        | 1         | 13        | 0          |
| April       | 8.3                        | 0         | 5         | 0          |
| Mai         | 12.7                       | 0         | 1         | 2          |
| Juni        | 16                         | 0         | 0         | 6          |
| Juli        | 17.7                       | 0         | 0         | 9          |
| August      | 17                         | 0         | 0         | 8          |
| Sept.       | 14.1                       | 0         | 0         | 3          |
| Okt.        | 9.2                        | 0         | 3         | 0          |
| Nov.        | 4.1                        | 1         | 12        | 0          |
| Dez         | 0.8                        | 7         | 20        | 0          |
| <b>Jahr</b> | <b>8.7</b>                 | <b>22</b> | <b>93</b> | <b>30</b>  |

*Tabelle 3.12.2- 35 Mittlere Temperaturverhältnisse in Stuttgart Echterdingen 373 m ü. NN (1951-1980) Quelle: Deutscher Wetterdienst*

|             | Temperatur<br>Mittel in °C | Eistage   | Frosttage | Sommertage |
|-------------|----------------------------|-----------|-----------|------------|
| Jan.        | 1.3                        | 6         | 16        | 0          |
| Feb.        | 2.4                        | 3         | 13        | 0          |
| März        | 5.7                        | 1         | 9         | 0          |
| April       | 9.5                        | 0         | 2         | 1          |
| Mai         | 13.7                       | 0         | 0         | 3          |
| Juni        | 17.1                       | 0         | 0         | 8          |
| Juli        | 18.8                       | 0         | 0         | 12         |
| August      | 18.1                       | 0         | 0         | 10         |
| Sept.       | 15                         | 0         | 0         | 4          |
| Okt.        | 10.2                       | 0         | 1         | 0          |
| Nov.        | 5.4                        | 1         | 6         | 0          |
| Dez.        | 2.3                        | 4         | 15        | 0          |
| <b>Jahr</b> | <b>10</b>                  | <b>15</b> | <b>62</b> | <b>39</b>  |

*Tabelle 3.12.2- 36 Mittlere Temperaturverhältnisse in Stuttgart Mitte 286 m ü. NN (1951-1980) Quelle: Deutscher Wetterdienst*

|             | Temperaturmittel<br>Stuttgart Mitte in °C | Temperaturmittel<br>Stuttgart<br>Echterdingen in °C |
|-------------|---|---|
| Januar      | 1,3                                       | 0,4   |
| Februar     | 2,4                                       | 1   |
| März        | 5,7                                       | 4,5   |
| April       | 9,5                                       | 8,3   |
| Mai         | 13,7                                      | 12,7  |
| Juni        | 17,1                                      | 16  |
| Juli        | 18,8                                      | 17,7  |
| August      | 18,1                                      | 17  |
| September   | 15  | 14,1  |
| Oktober     | 10,2                                      | 9,2   |
| November    | 5,4                                       | 4,1   |
| Dezember    | 2,3                                       | 0,8   |
| <b>Jahr</b> | <b>10</b>                                 | <b>8,7</b>  |

*Tabelle 3.12.2- 37 Temperaturvergleich Stuttgart Mitte und Stuttgart Echterdingen*

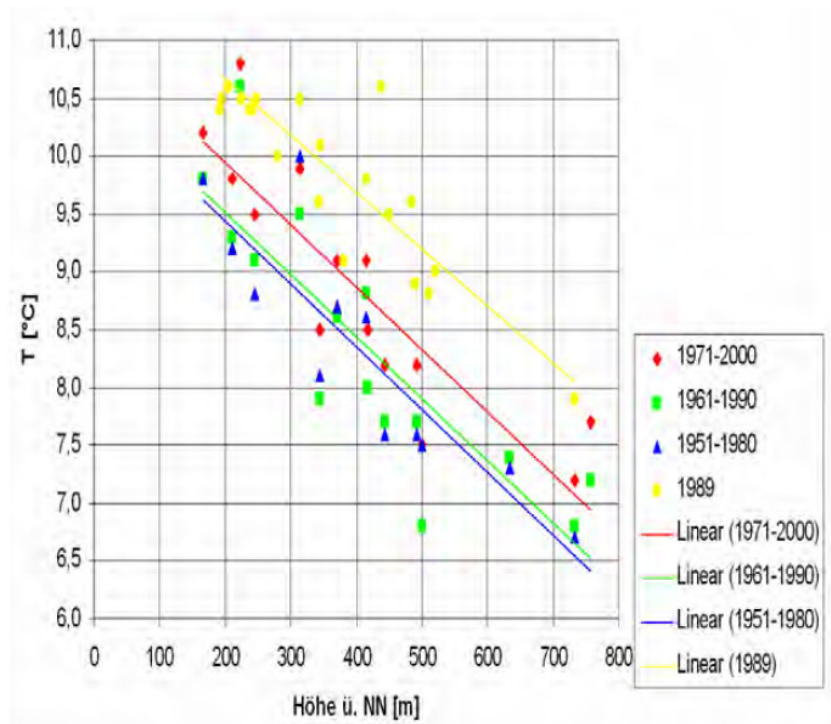


Abbildung 3.12.2- 157 Höhenabhängigkeit der mittleren jährlichen Lufttemperatur in der Region Stuttgart (Quelle: Deutscher Wetterdienst)

Im Klimaatlas der Region Stuttgart ist der Vergleich dargestellt zwischen Stadt und Umland

| Element             | Bezugsgröße   | Änderung gegenüber dem Umland  |
|---------------------|---|--|
| Strahlung           | Globalstrahlung<br>Ultraviolettstrahlung<br>Sonnenscheindauer                               | bis 20 % weniger<br>So: bis -5 %; Wi: bis -30 %<br>bis 15 % weniger                              |
| Temperatur          | Jahresmittel<br>nächtliches Minimum<br>Heiztage<br>Dauer der Frostperiode<br>Bodeninversion | bis 1,5 K höher<br>bis 12 K höher<br>bis 10 % weniger<br>bis 25 % kürzer<br>kaum im Stadtbereich |
| Feuchte             | Jahresmittel<br>(rel. Feuchte)  | Wi: bis -2 %; So: bis -10 %  |
| Verdunstung         | Mittelwert  | bis 60 % weniger   |
| Windgeschwindigkeit | Jahresmittel<br>Böen<br>Windstille (Calmen)   | bis 30 % niedriger<br>bis 20 % niedriger<br>bis 20 % häufiger                                    |
| Bewölkung           | Bedeckungsgrad  | bis 10 % höher   |
| Sichtweite          | Nebelhäufigkeit<br>Sicht bis 5 km   | etwas geringer<br>deutlich schlechter  |
| Niederschlag        | Niederschlagshöhe<br>Tage mit mehr als 5 mm<br>Tage mit Schneefall<br>Tau                   | bis 10 % größer<br>bis 10 % häufiger<br>bis 5 % weniger<br>bis 65 % weniger                      |
| Luftbeimengungen    |   | stark erhöht   |

Tabelle 3.12.2- 38 Klimaunterschiede Stadt- Umland (Klimaatlas Region Stuttgart)

### Reale Messwerte Stuttgart- Möhringen

Zur Aufzeichnung der Außentemperatur wurden zwei Datenlogger beim Züblinhaus in Stuttgart-Möhringen angebracht. Die Datenlogger befinden sich im 5.OG des B-Blocks an der Fassade sowie an der nahegelegenen Trafostation. Für den Vergleich wurden die Daten des Datenloggers hinzugezogen, welcher an der Trafostation in ca. 2 m Höhe angebracht ist, da die gemessenen Temperaturwerte des Deutschen Wetterdienstes sich ebenfalls auf 2 m über dem Boden beziehen und nur so ein standhafter Vergleich möglich ist.

Aufgrund von technisch bedingten Ausfällen des Gerätes liegen die Daten nicht vollständig für ein gesamtes Jahr vor.

Die Messwerte liegen für folgenden Zeitraum vor:

**22.09.2008 – 13.05.2009**

**27.05.2009 – 24.07.2009**

Die fehlenden Daten wurden durch stündliche Werte des Standorts Stuttgarter Echterdingen aus Meteonorm ergänzt. Diese Werte wurden so ausgewählt, dass sie durch den, auf Grundlage von Messwerten am Standort Stuttgart Flughafen, DWD berechneten Mittelwerten des damals jeweiligen Tages entsprechen.

Die gemessenen Temperaturwerte sollen später mit dem Testreferenzjahr des Deutschen Wetterdienstes verglichen werden. Es ist erforderlich, dass eine Höhenkorrektur durchgeführt wird, da sich die Höhe des Standorts des Datenloggers in Möhringen und die Höhe der Messstation am Flughafen von der Referenzstation des TRY 12, welche Mannheim ist, abweicht.

- Höhe Referenzstation (Mannheim): 96 m
- Höhe Möhringen: 421 m
- Höhe Messstation Echterdingen 396 m:

Vereinfacht wird eine Höhendifferenz von 300 m verwendet.

Nach Vorgabe des DWD ergeben sich bei einer Höhendifferenz von 300 m folgende Temperaturkorrekturwerte, mit denen das Testreferenzjahr 12 auf die Höhe von Möhringen korrigiert wird:

| Januar | Februar | März  | April | Mai   | Juni  | Juli  | August | September | Oktober | November | Dezember |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| -2,94  | -3,15   | -3,15 | -2,61 | -2,31 | -2,16 | -2,43 | -2,64  | -2,82     | -2,61   | -2,97    | -2,73    |

*Tabelle 3.12.2- 39 Temperaturkorrekturwerte nach DWD*

### **3.12.3 Vergleich der Wetterdaten**

#### Vergleich DWD TRY 12 normal und extrem

Der Extreme Datensatz beinhaltet einen überdurchschnittlich heißen Sommer (Juni bis August) und einen sehr kalten Winter (Dezember bis Februar) (vgl. Abschn. 0).

Die Abbildungen x bis x stellen den Vergleich der Normal- und Extremwerten für den Standort Mannheim (TRY 12) dar.

- Testreferenzjahr 12
- Referenzstation: Mannheim (96 m ü. NN)
- Tagesmittelwerte:

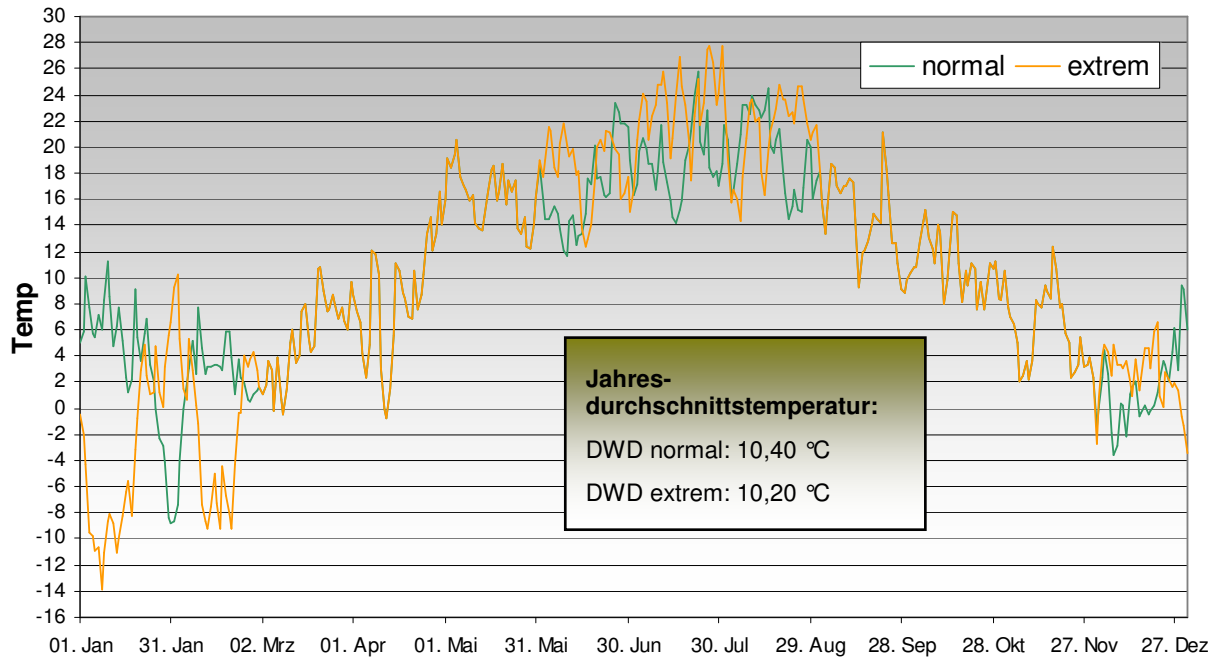


Abbildung 3.12.3- 158 Tagesmittelwerte eines Jahres TRY 12

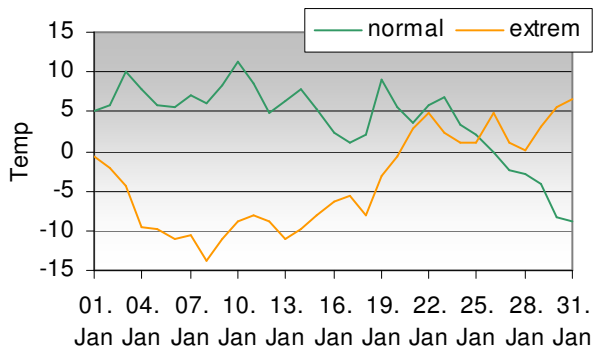


Abbildung 3.12.3- 159 Januarwoche TRY 12

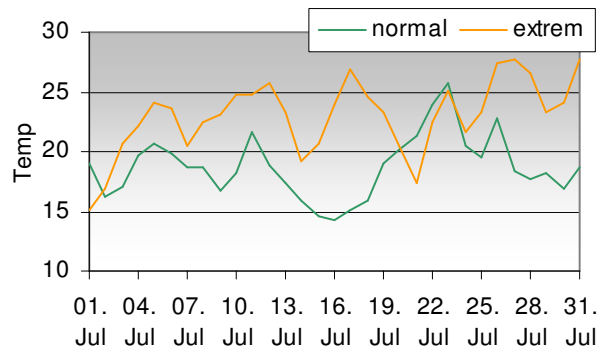


Abbildung 3.12.3- 160 Juliwoche TRY 12



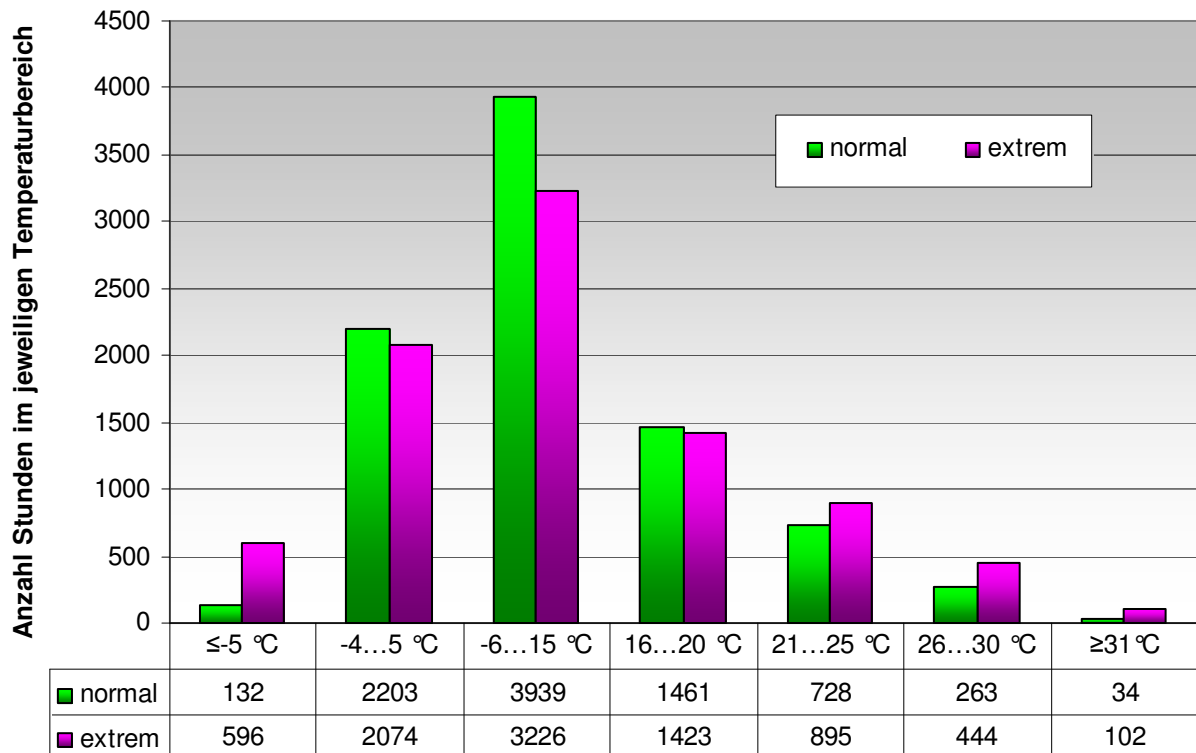


Abbildung 3.12.3- 161 Jahrestemperaturverteilung TRY 12

- Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

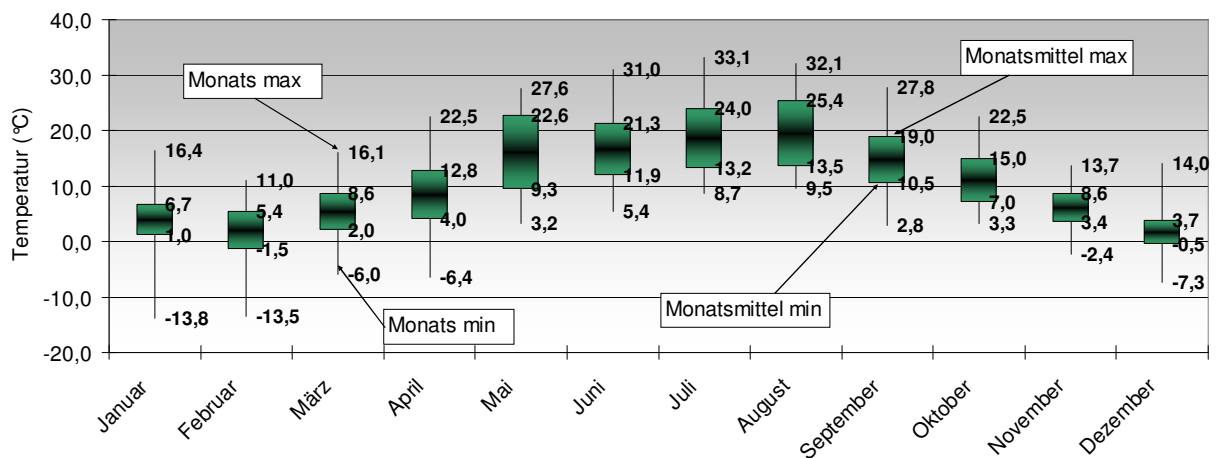


Abbildung 3.12.3- 162 Temperaturband TRY 12 normales Jahr



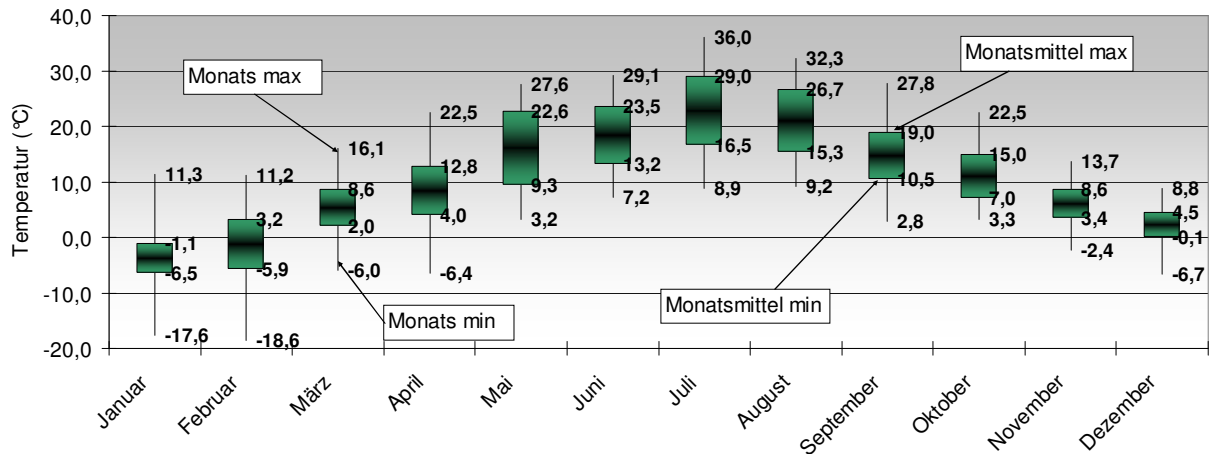


Abbildung 3.12.3- 163 Temperaturband TRY 12 extremes Jahr

Der extreme Wetterdatensatz zeichnet sich durch einen heißeren Sommer und einen kälteren Winter im Vergleich zum normalen Wetterdatensatz aus. Im jährlichen Mittel sind beide Datensätze mit 10,4 °C (normaler Datensatz) und 10,2 °C (extremer Datensatz) annähernd identisch.

### Vergleich Stuttgart Meteonorm normal und extrem

In den nachfolgenden Diagrammen ist der Unterschied zwischen Normal- und Extremwetterdatensatz am Beispiel Stuttgart- Echterdingen dargestellt.

- Wetterdatensatz
  - Messstation: Stuttgart- Echterdingen
  - Latitude: 48,7 °, Longitude: 9,2 °
  - Stationshöhe: 396 m
- Tagesmittelwerte:

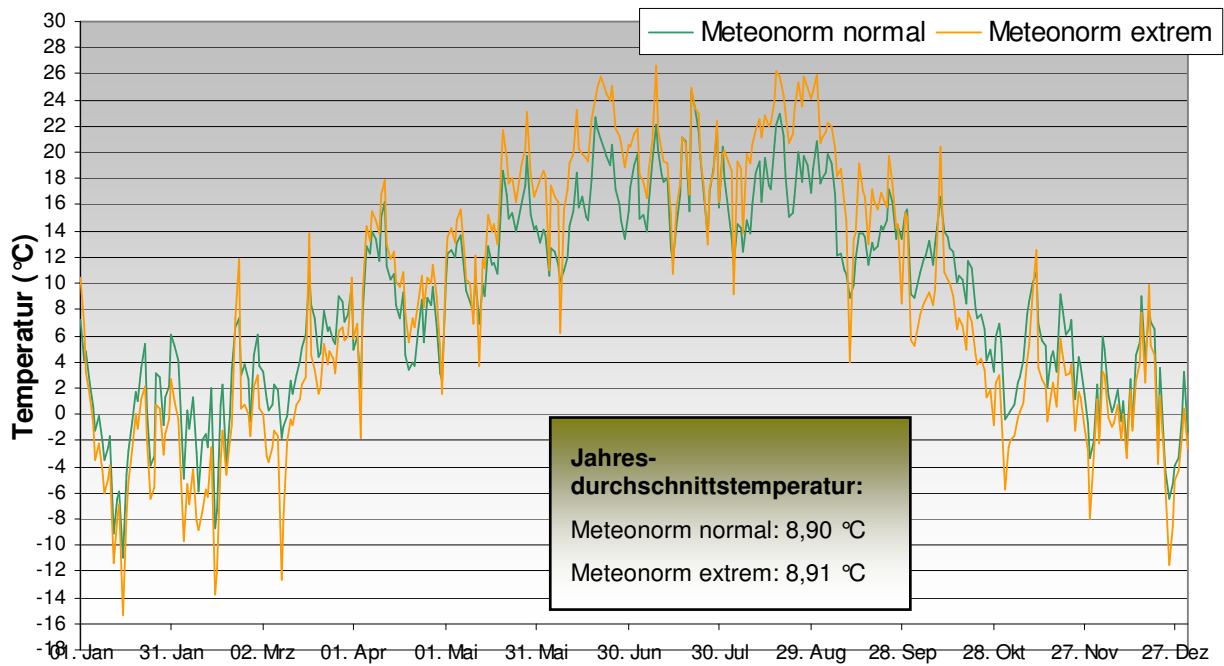


Abbildung 3.12.3- 164 Tagesmittelwerte eines Jahres Meteonorm

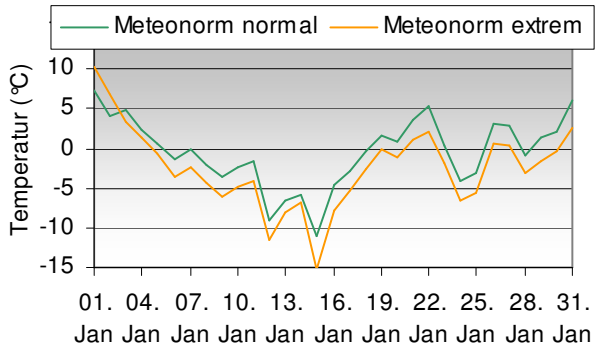


Abbildung 3.12.3- 165 Januarwoche Meteonorm

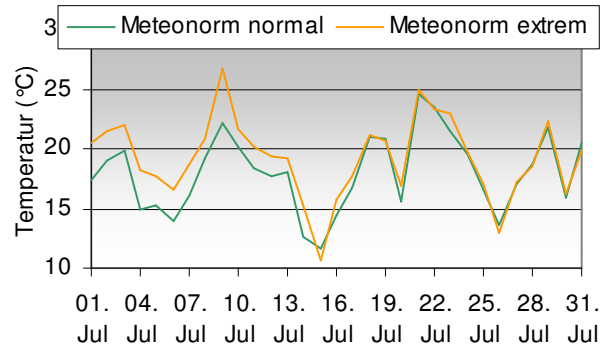


Abbildung 3.12.3- 166 Juliwoche

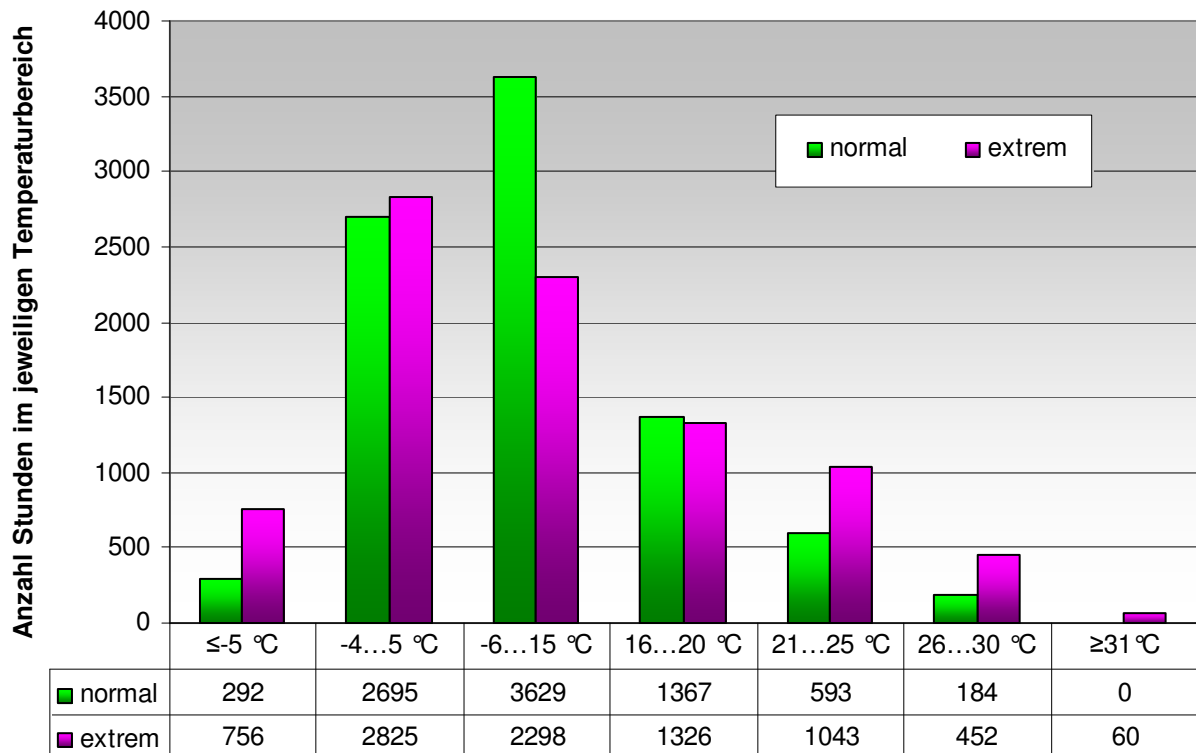


Abbildung 3.12.3- 167 Jahrestemperaturverteilung Meteonorm

Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

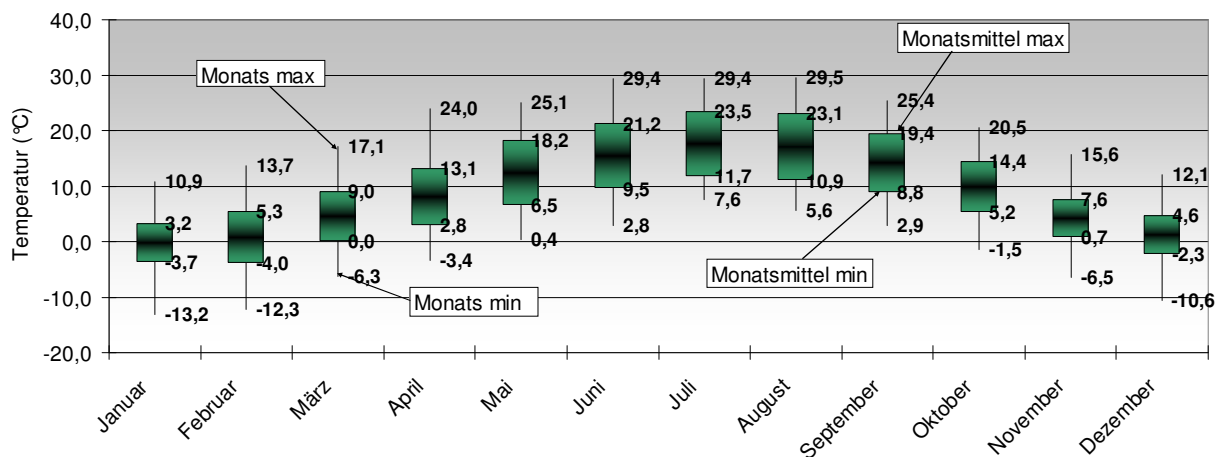


Abbildung 3.12.3- 168 Temperaturband Meteonorm normaler Jahr

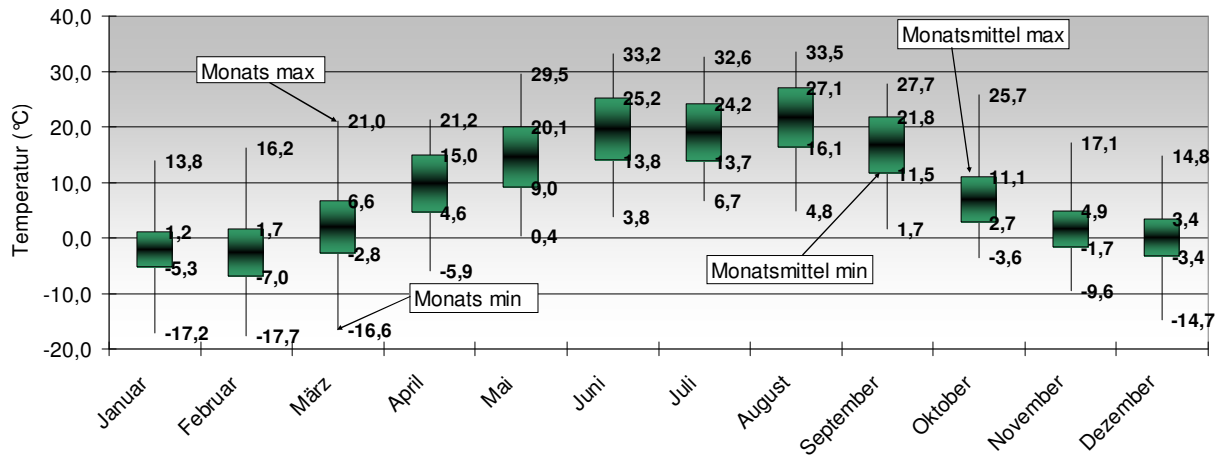


Abbildung 3.12.3- 169 Temperaturband Meteonorm extremes Jahr

Der Temperaturverlauf der Datensätze gleicht einander, jedoch sind die Sommermonate im Mittel wärmer und die Wintermonate kälter als beim normalen Wetterdatensatz. Die Höchst- und Tiefstwerte eines jeden Monats sind extremer. Im Jahresdurchschnitt sind beide Datensätze identisch.

Vergleich normaler Wetterdatensatz DWD TRY 12 - Meteororm

In den Nachfolgenden Diagrammen wird der Unterschied zwischen DWD Datensatz und Meteororm Datensatz anhand des Standortes Stuttgart-Echterdingen dargestellt.

Beschreibung des verwendeten Meteororm Datensatz

- Messstation: Stuttgart- Echterdingen
- Latitude: 48,7 °, Longitude: 9,2 °
- Stationshöhe: 396 m

Beschreibung des verwendeten TRY- Datensatz

- Testreferenzjahr: 12
- Repräsentanzstation: Mannheim
- Stationshöhe: 97 m
- Quellzeiträume für Referenzjahr: 1986- 1991

Der Höhenunterschied zwischen beiden Stationen beträgt 299 m. Das Testreferenzjahr 12 des DWD muss deshalb mit den monatlichen Temperaturwerten aus Tabelle x auf die Höhe von Echterdingen korrigiert werden.

| Januar | Februar | März  | April | Mai   | Juni  | Juli  | August | September | Oktober | November | Dezember |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| -2,93  | -3,14   | -3,14 | -2,60 | -2,30 | -2,15 | -2,42 | -2,63  | -2,81     | -2,60   | -2,96    | -2,72    |

*Tabelle 3.12.3- 40 Temperaturkorrekturwerte nach DWD*

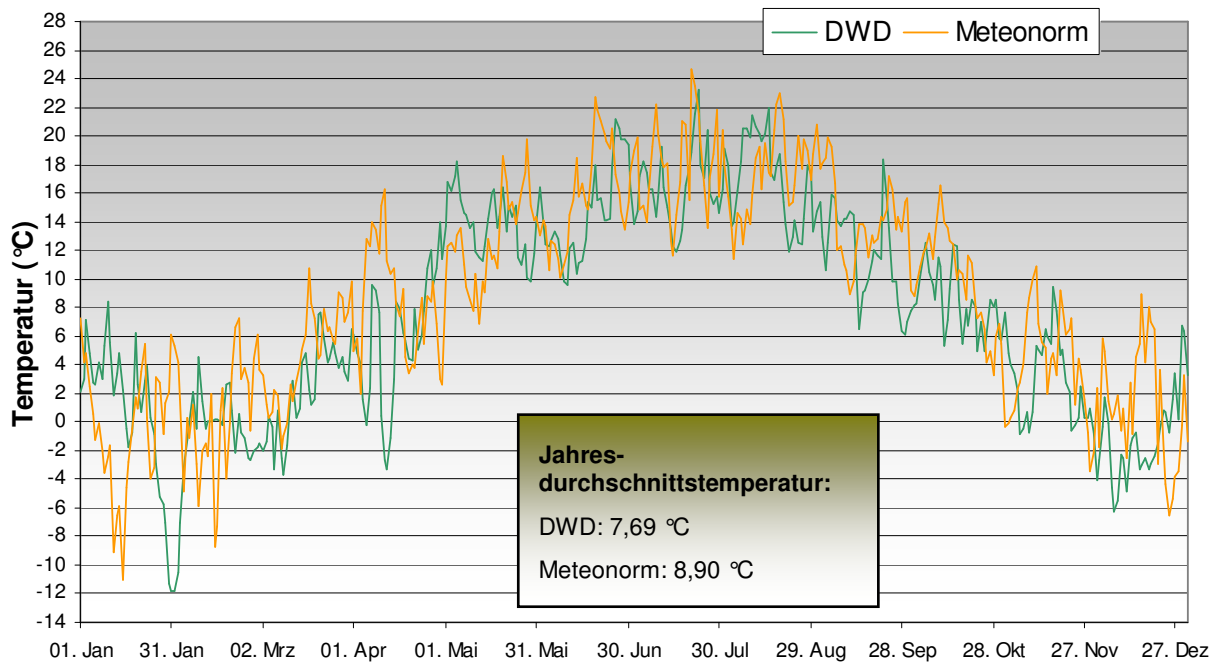


Abbildung 3.12.3- 170 normale Tagesmittelwerte eines Jahres DWD und Meteor norm

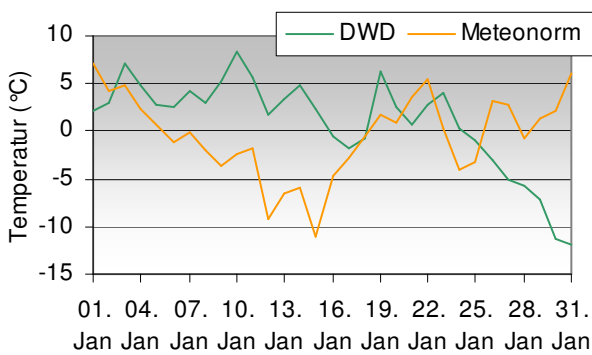


Abbildung 3.12.3- 172 Januarwoche DWD  
Meteor norm

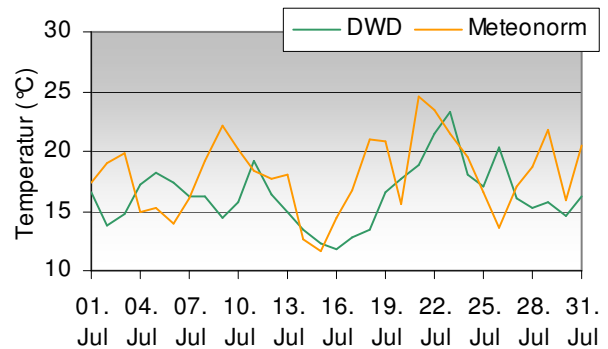


Abbildung 3.12.3- 171 Juliwoche DWD Meteor norm

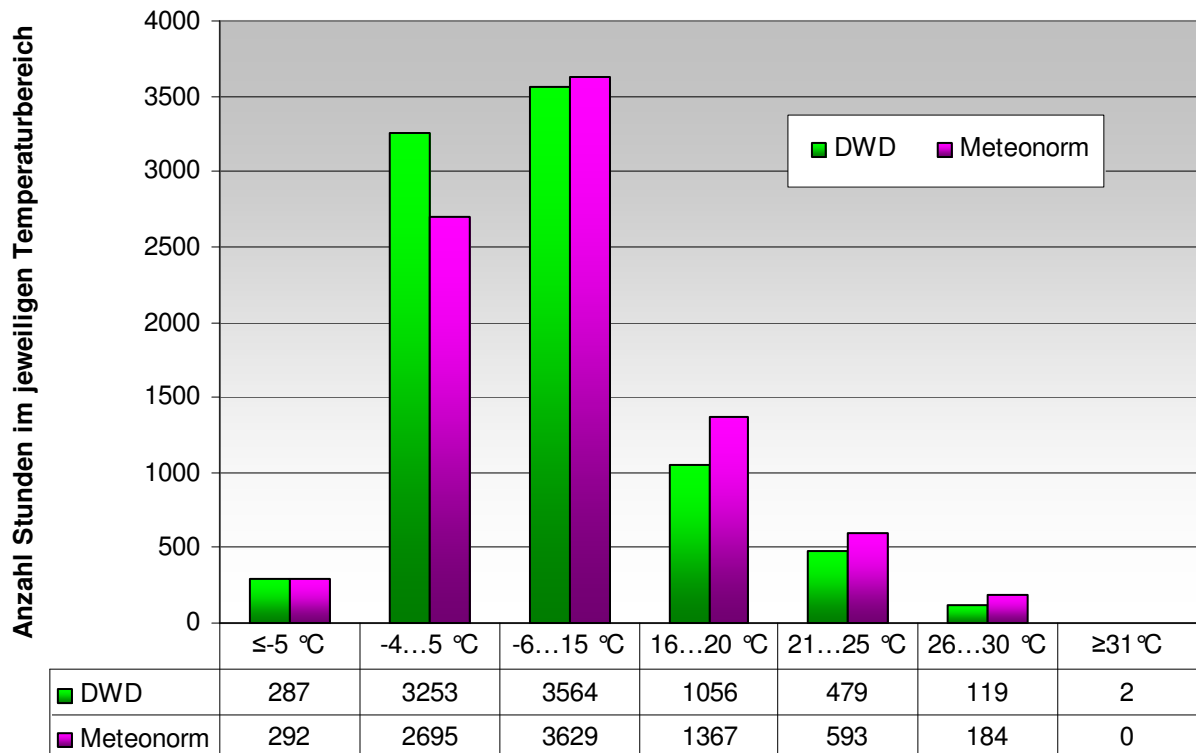


Abbildung 3.12.3- 173 normal Jahrestemperaturverteilung DWD und Meternorm

- Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

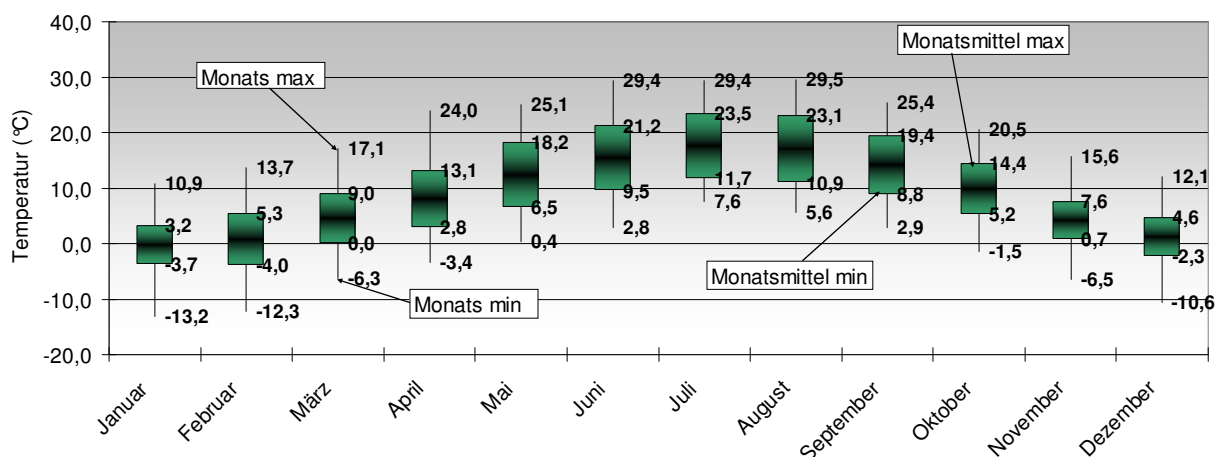


Abbildung 3.12.3- 174 normal Temperaturband Meteonorm

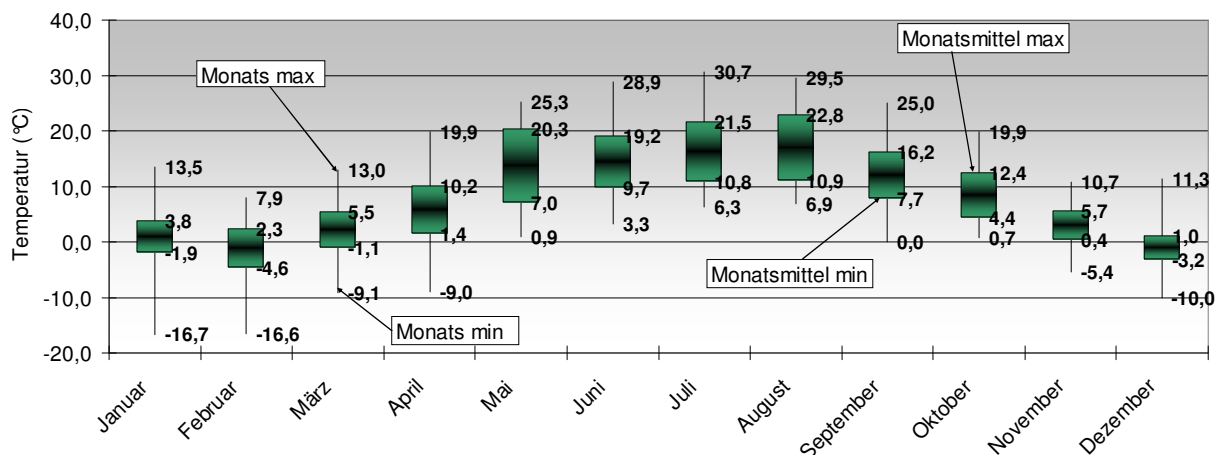


Abbildung 3.12.3- 175 normal Temperaturband DWD

Eine weitere Darstellungsmöglichkeit ist ein TX-Diagramm. Für dieses muss zunächst die Feuchte auf den Höhenunterschied zwischen beiden Stationen angepasst werden. Dieser beträgt 299 m. Das Testreferenzjahr 12 des DWD wird deshalb mit den monatlichen Temperaturwerten aus korrigiert.

| Januar | Februar | März  | April | Mai   | Juni  | Juli  | August | September | Oktober | November | Dezember |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| -0,75  | -1,05   | -0,81 | -0,84 | -0,66 | -0,60 | -0,69 | -0,60  | -0,69     | -0,75   | -0,96    | -0,87    |
|        |         |       |       |       |       |       |        |           |         |          |          |

Tabelle 3.12.3- 41 Korrekturwerte für Wasserdampfgehalt nach DWD



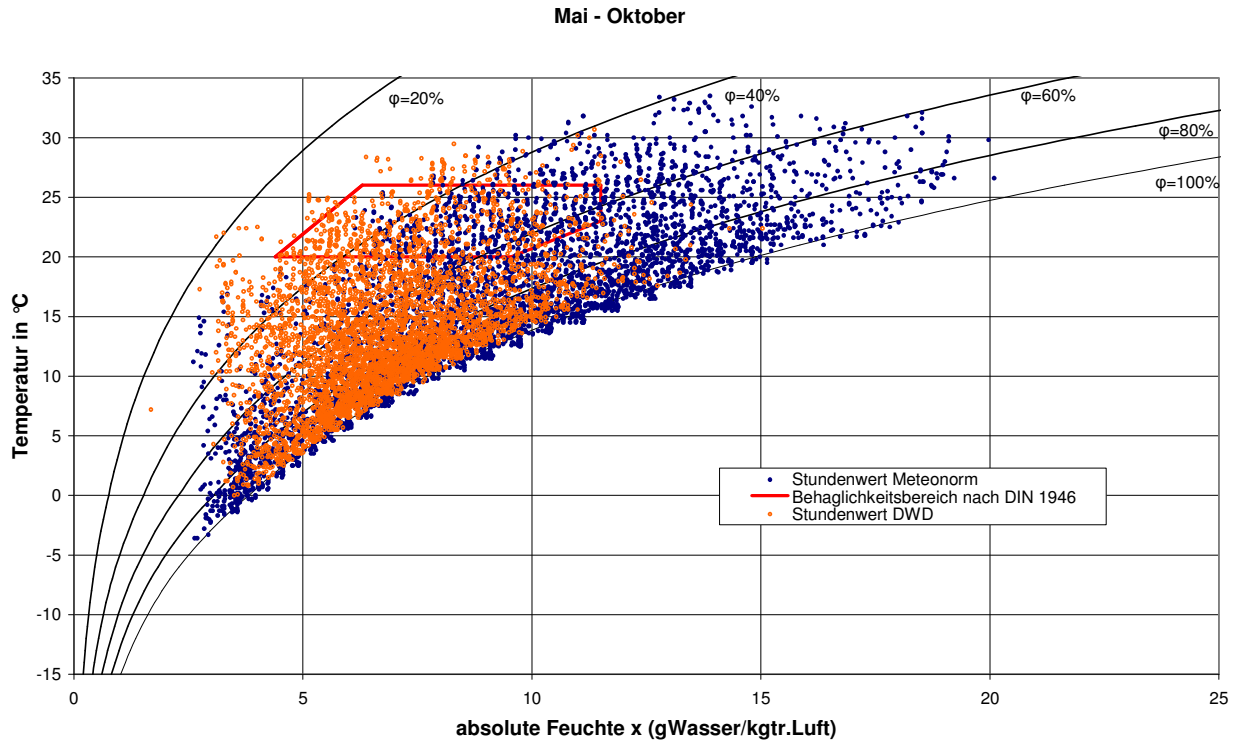


Abbildung 3.12.3- 176 TX-Diagramm Mai-Oktober Normalwetter

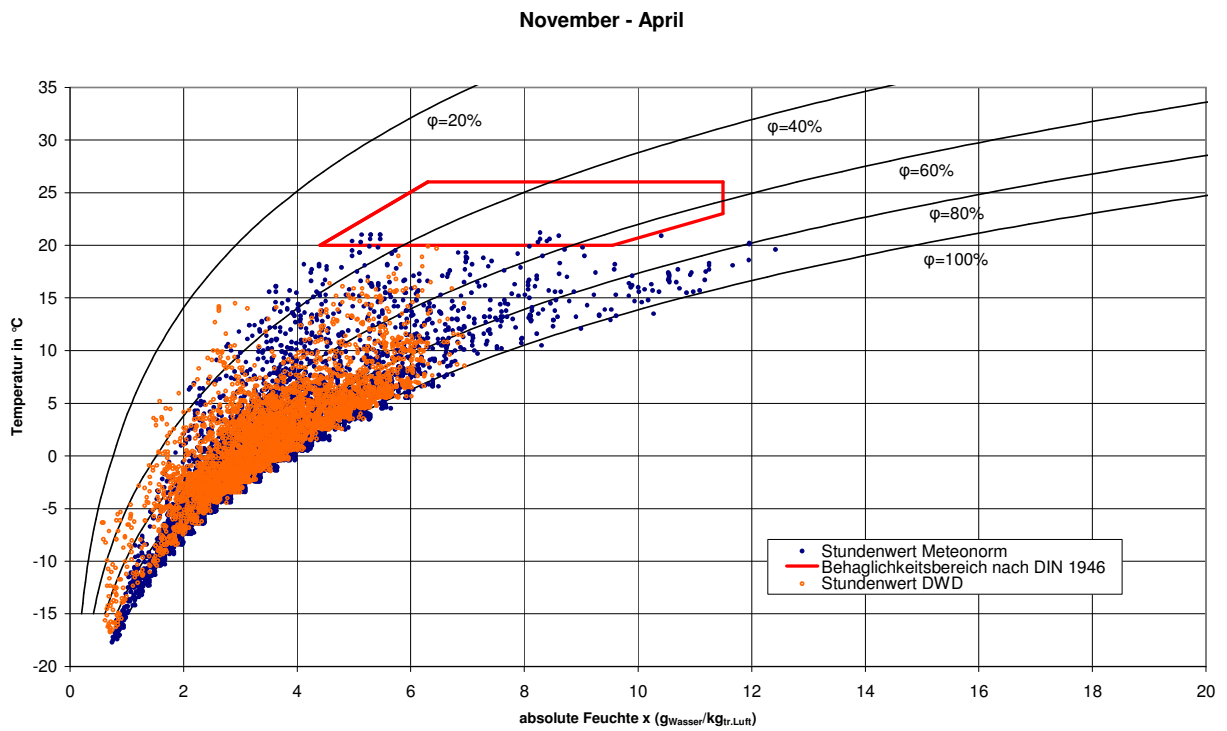


Abbildung 3.12.3- 177 TX-Diagramm November-April Normalwetter

Vergleich DWD TRY 12 normaler Wetterdatensatz und Messwerte

Stuttgart- Möhringen befindet sich in einer Höhe von 421 m. Im Gegensatz dazu befindet sich die Repräsentanzstation, welche Mannheim ist, des Testreferenzjahres 12 nur auf einer Höhe von 96 m. Die Temperaturdaten des Testreferenzjahres 12 werden deshalb mit den monatlichen Werten aus **Tabelle 3.12.2- 33** auf die entsprechende Höhe korrigiert .

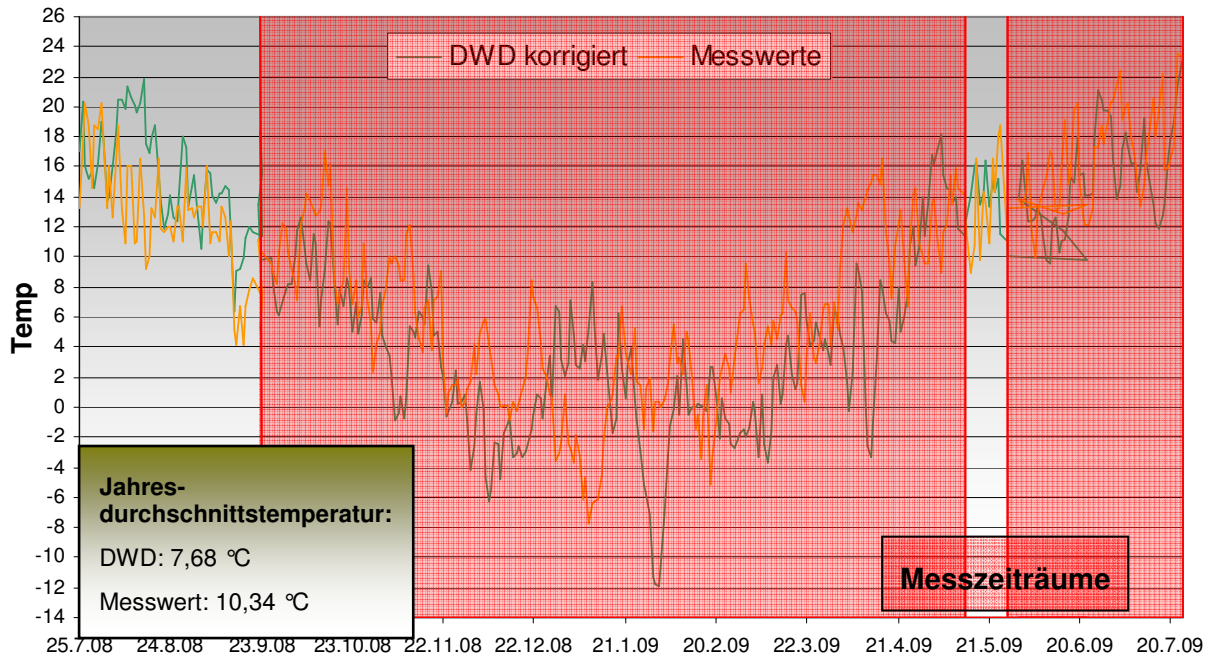


Abbildung 3.12.3- 178 Tagesmittelwerte eines Jahres DWD und Messwerte

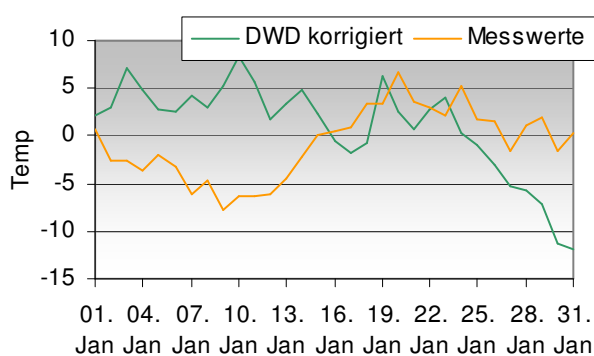


Abbildung 3.12.3- 179 Januarwoche DWD & Messwerte

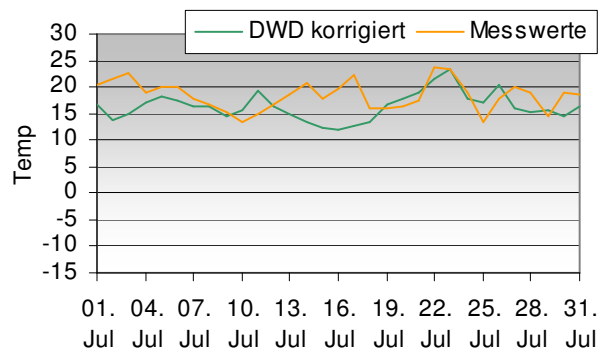


Abbildung 3.12.3- 180 Juliwoche DWD & Messwerte

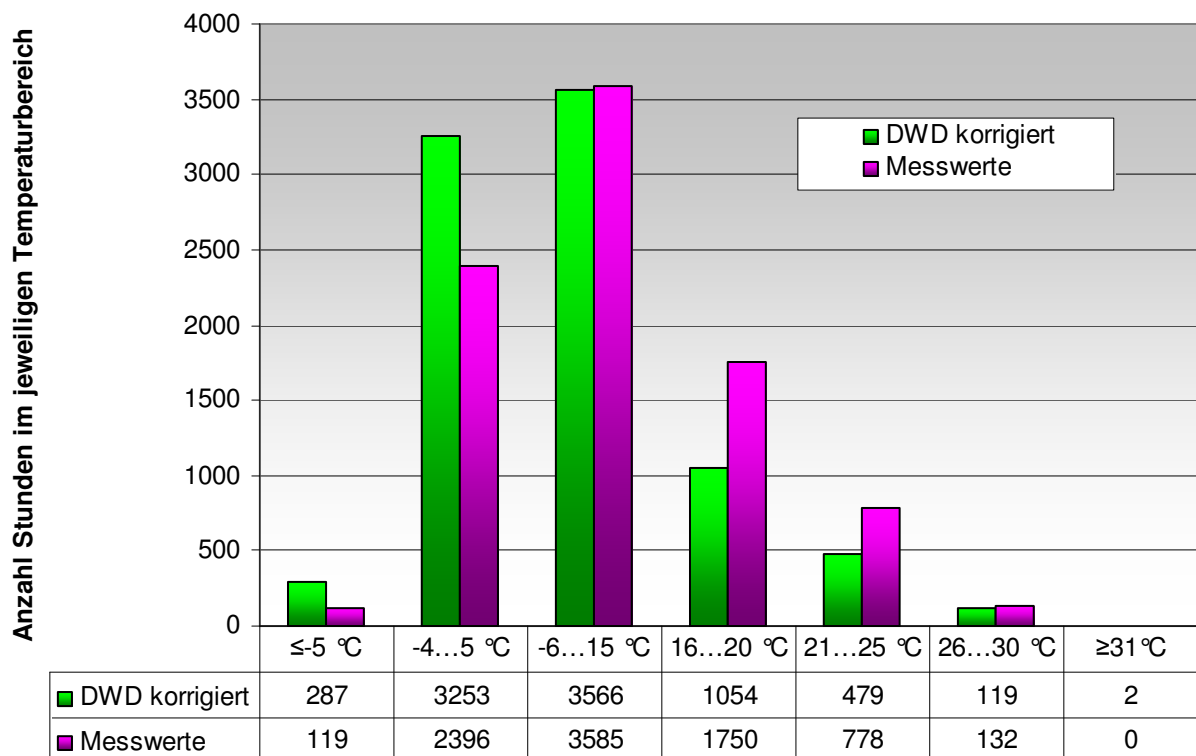


Abbildung 3.12.3- 181 Jahrestemperaturverteilung DWD und Messwerte

- Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

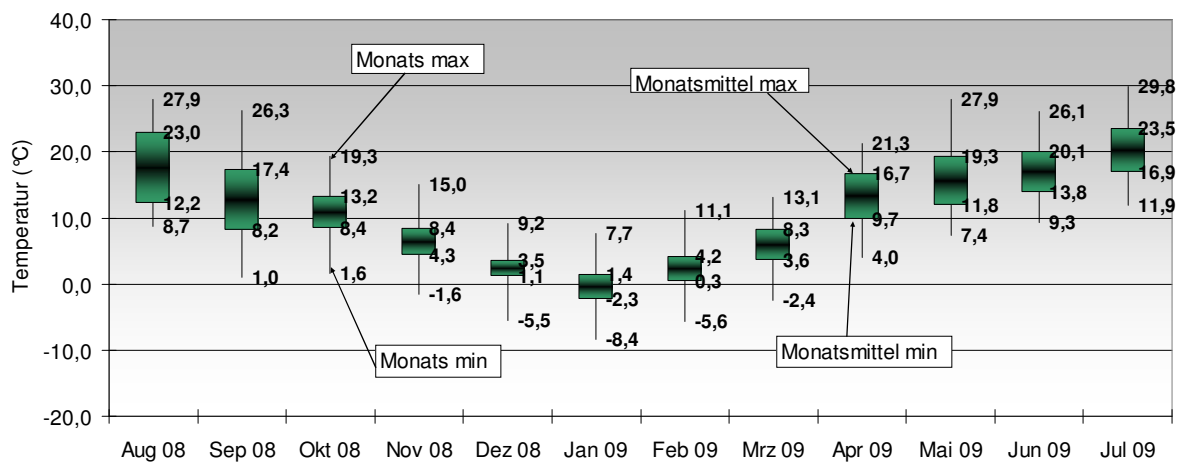


Abbildung 3.12.3- 182 Temperaturband Messwerte

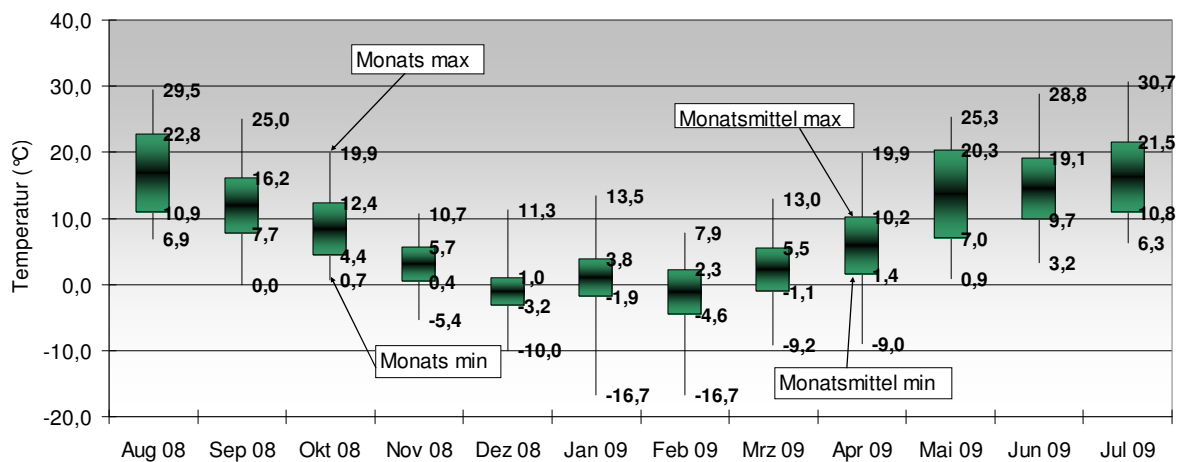


Abbildung 3.12.3- 183 Temperaturband DWD

### Vergleich Meteorologischer Wetterdatensatz und Messwerte

#### Beschreibung des verwendeten Meteorologischer Datensatz

- Messstation: Stuttgart- Echterdingen
- Latitude: 48,7 °, Longitude: 9,2 °
- Stationshöhe: 396 m

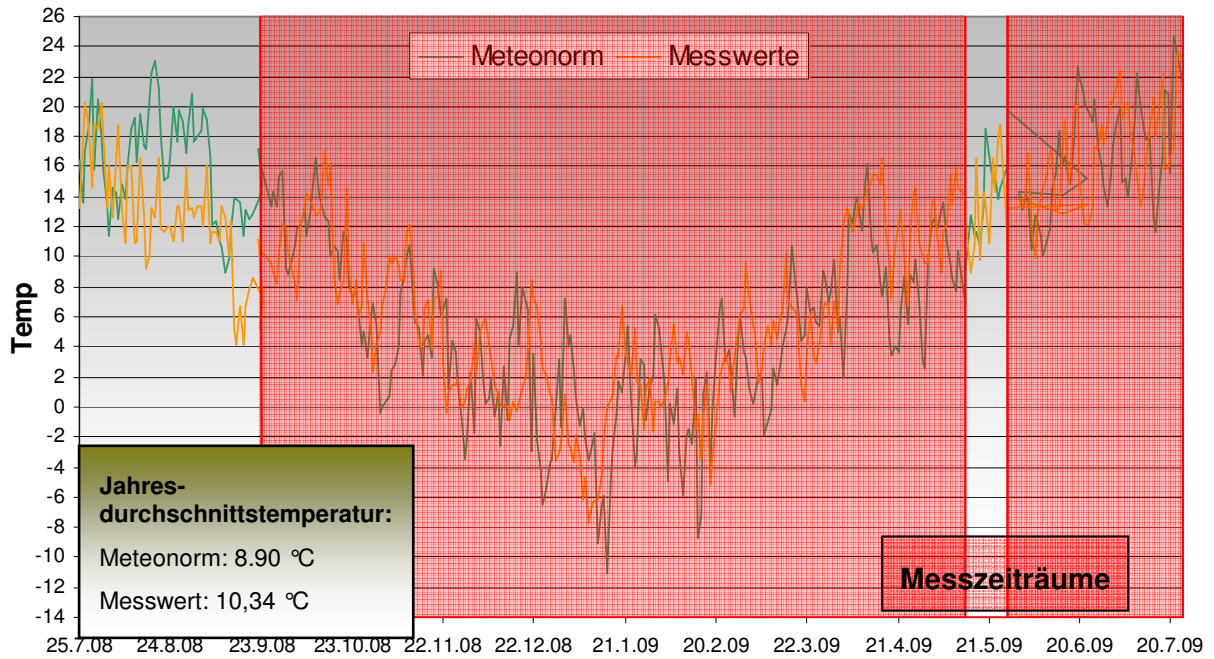


Abbildung 3.12.3- 184 Tagesmittelwerte eines Jahres Meteonorm und Messwerte

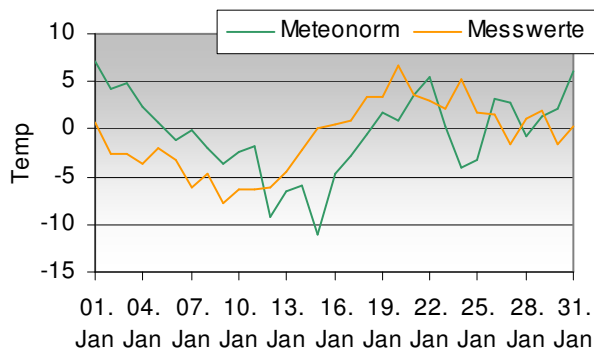


Abbildung 3.12.3- 185 Januarwoche DWD & Messwerte

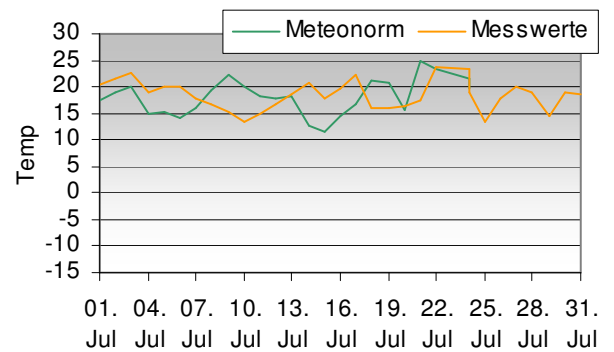


Abbildung 3.12.3- 186 Januarwoche DWD & Messwerte

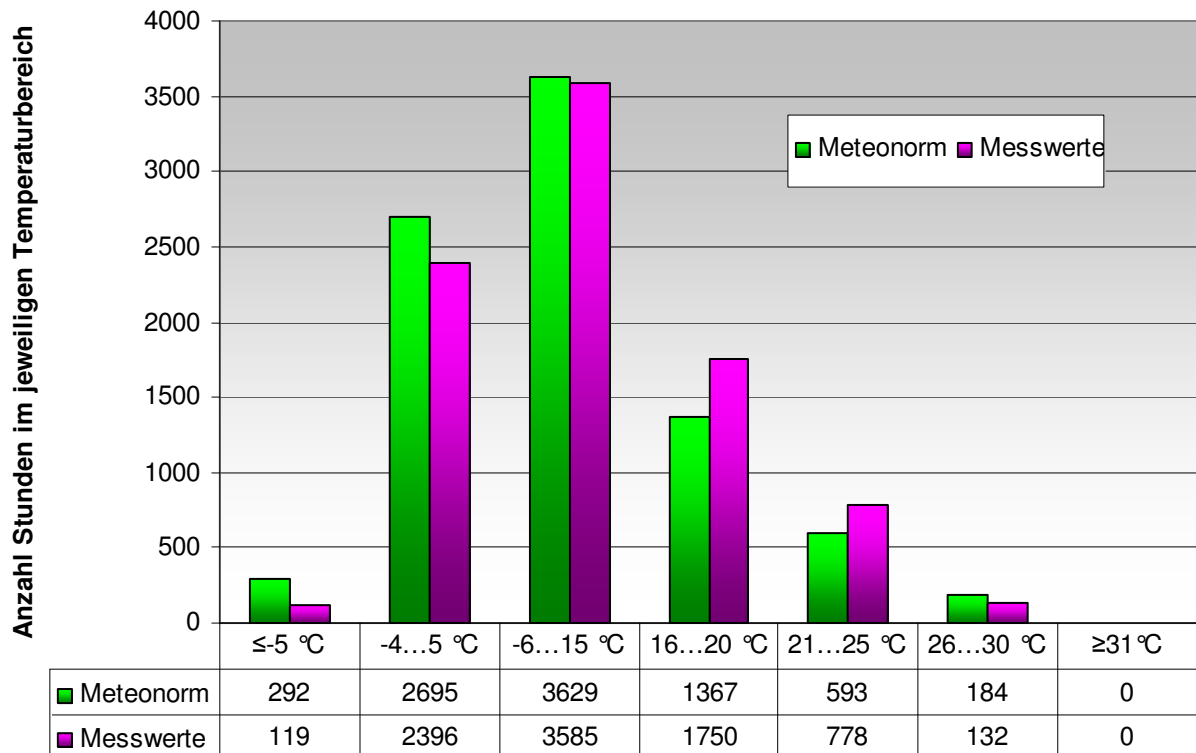


Abbildung 3.12.3- 187 Jahrestemperaturverteilung DWD und Messwerte

- Monatliche Minimal- und Maximalwerte und Temperaturbereich zwischen den gemittelten Tageshöchst- und Tiefstwerten

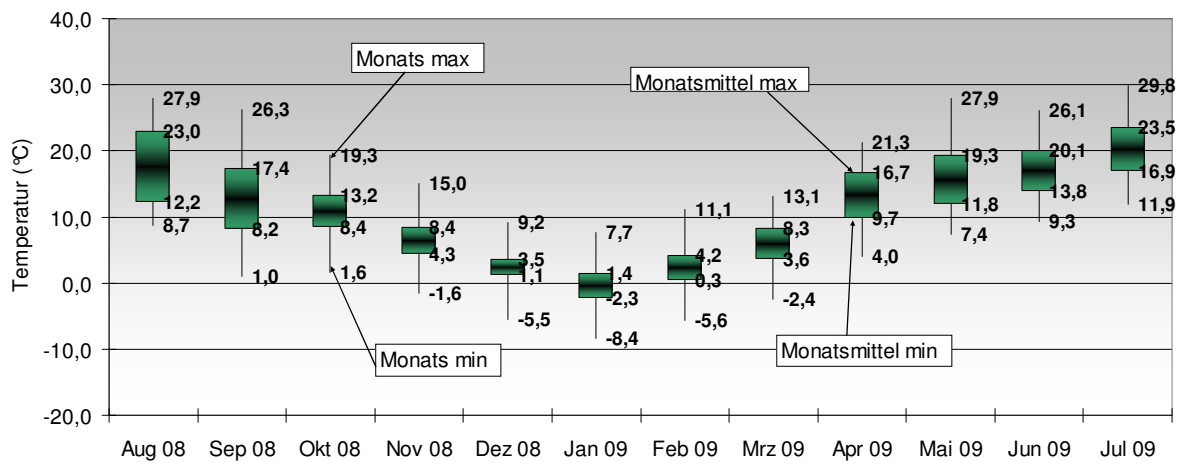


Abbildung 3.12.3- 188 Temperaturband Messwerte

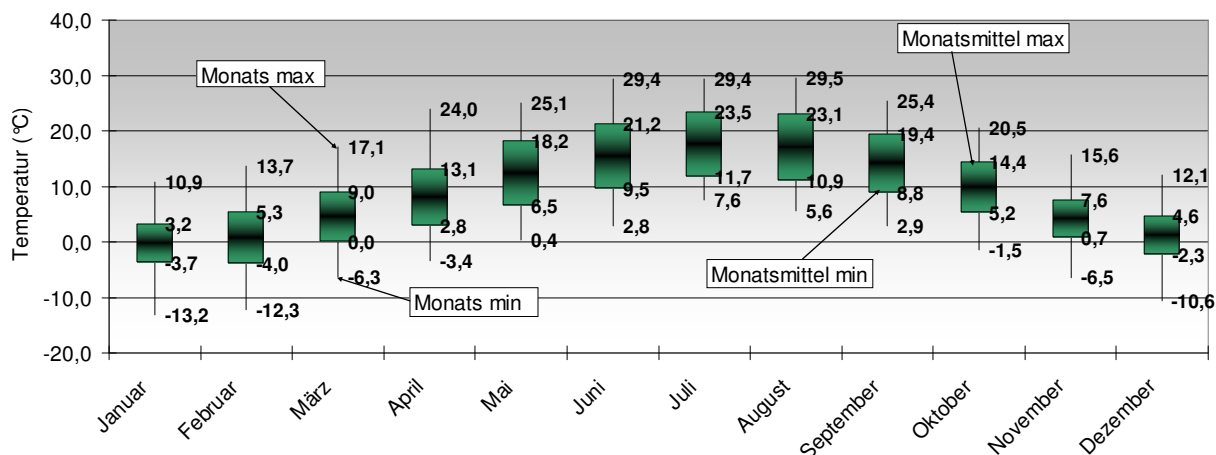


Abbildung 3.12.3- 189 Temperaturband DWD

### 3.12.4 Fazit

Die Auswertungen der Klimadatenätze des DWD und Meteonorm 6.1 zeigen zum Teil starke Abweichungen bei der Temperatur und der Feuchte untereinander. Der Unterschied kommt aufgrund der unterschiedlichen Referenzjahre zustande. Meteonorm generiert für den exakten Standort einen Datensatz beispielsweise durch Interpolation von umliegenden Messstationen. Die DWD Datensätze dagegen gelten für einen sehr großen Bereich, in dem aufgrund unterschiedlicher Topografie zum Teil größere Abweichungen der Klimatischen Bedingungen im Gegensatz zur Referenzstation des Testreferenzjahres ergeben können.

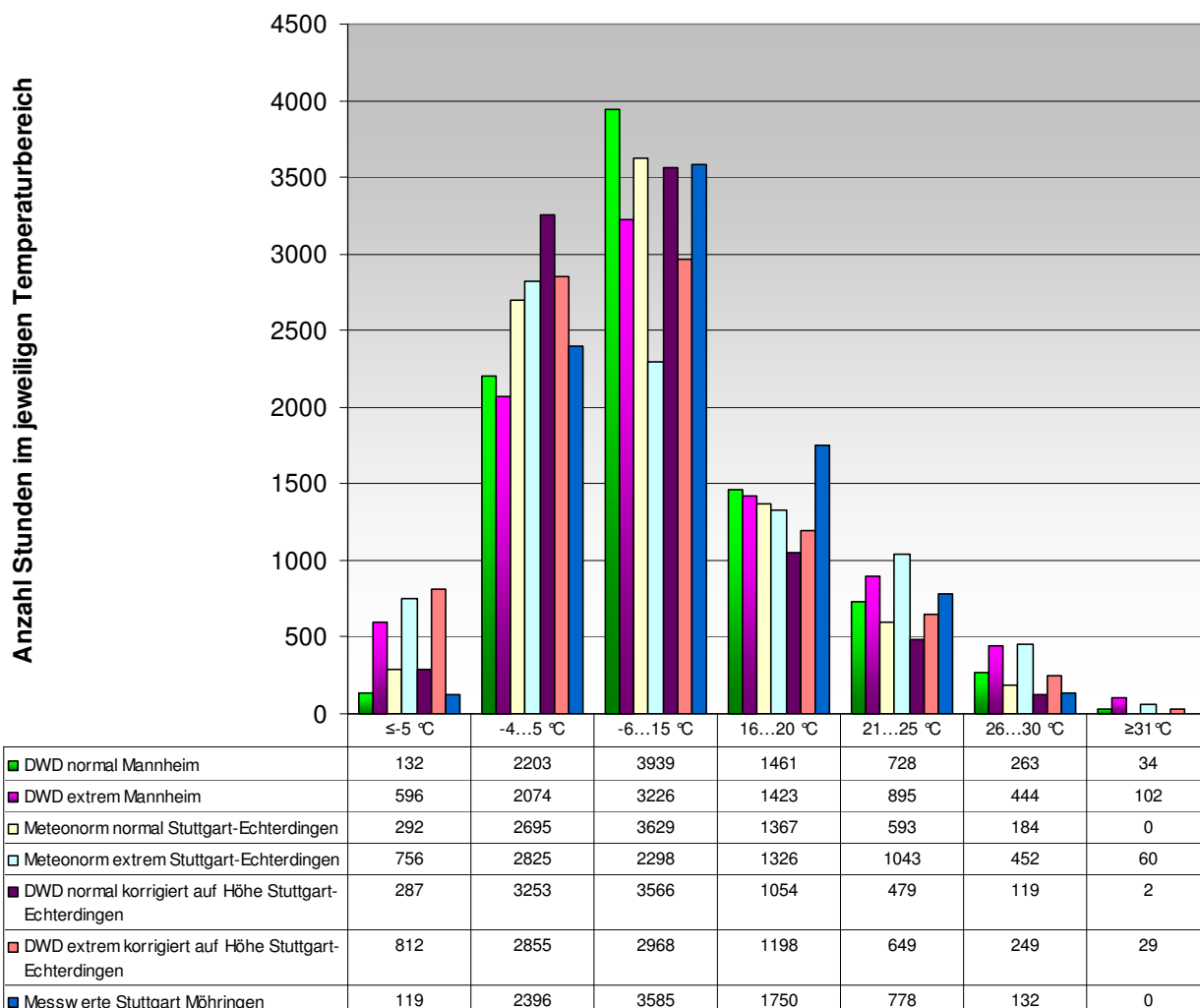


Abbildung 3.12.3- 190 Stundenanzahl der Temperaturbereiche aller ausgewerteten Wetterdaten

Der Vergleich der realen Messwerte des Standorts Möhringen zu den generierten Datensätzen zeigt ebenso zum Teil große Temperaturdifferenzen. Im jährlichen Mittel ist die Temperatur der realen Messwerte (2008-2009) knapp 3 °C höher gegenüber dem korrigierten Testreferenzjahr des DWD. Dies bedeutet, dass die Datensätze nicht mit realen Messwerten eines Jahres übereinstimmen, sondern vielmehr einen langjährigen Durchschnitt darstellen.

Zur Auslegung von Heiz- und Kühlanlagen und für thermische Gebäudesimulationen sind insbesondere die Anzahl der Tiefsttemperaturen und der Höchsttemperaturen ausschlaggebend. Nach **Abbildung 3.12.3- 173 normal Jahrestemperaturverteilung DWD und Meternorm** ist die Anzahl der Stunden an denen die Temperatur unter – 4 °C beträgt, mit



292 Stunden (Meteonorm) und 287 Stunden (DWD korrigiert) nur gering unterschiedlich. Ebenso verhält es sich mit den Temperaturen über 30 °C (2 Stunden bei DWD korrigiert und 0 Stunden bei Meteonorm). Die Anzahl der Stunden der Höchst- und Tiefstwerte beider Datensätze sind nach Abbildung 44 auch höher als bei den gemessenen Werten. Dadurch wäre eine Auslegung der Anlagen nach den normalen Datensätzen von DWD bzw. Meteonorm in diesem Falle ausreichend gewesen. Jedoch gibt es auch extreme Jahre mit besonders heißen Sommer und kalten Winter. Für diesen Fall gibt es extreme Wetterdatensätze. In Abbildung 44 ist die Anzahl der Stunden unter -4 °C und über 30 °C der extremen Datensätzen weitaus höher gegenüber den gemessenen Werten. Die Gefahr durch Verwendung von extremen Wetterdatensätzen besteht dadurch, dass Anlagen zu groß dimensioniert werden als eigentlich notwendig, woraus höhere Investitionskosten resultieren.

Während in der Software Meteonorm 6.1 die Möglichkeit besteht örtliche Gegebenheiten wie Tallage oder Stadtlage mit Korrekturfaktoren zu berücksichtigen, kann bei den TRY-Datensätzen lediglich die Höhendifferenz zur Referenzstation korrigiert werden. Zudem generiert Meteonorm Wetterdaten für jeden beliebigen Standort mittels Interpolationsverfahren und sehr komplexen Berechnungsverfahren der Daten von nächstgelegenen Stationen. Im Gegensatz dazu wird für ein gesamtes Testreferenzjahr des DWD, die Klimadaten einer einzelnen Referenzstation verwendet. Es können zum Teil innerhalb eines Testreferenzjahres, aufgrund der verschiedenen Topologie, größere klimatische Unterschiede auftreten. Die Innenstadt von Stuttgart z. B. weist wegen ihrer Kessellage und Bebauung ein eigenes Stadtklima auf, wobei die Temperaturen maximal um 7 Grad höher sein können als im Umland [Klimaatlas Region Stuttgart]. Inwieweit sich die Datensätze letztendlich von den realen Temperaturen bei unterschiedlichen Standorten und örtlichen Gegebenheiten unterscheiden, kann in dieser Untersuchung aufgrund zu wenigen Messergebnissen, nicht eindeutig geklärt werden. Den vorher genannten Randbedingungen zur Generierung der Datensätze zufolge, werden allerdings die Klimadaten der Software Meteonorm in den meisten Fällen als treffender eingestuft, besonders wenn spezielle örtliche Gegebenheiten vorliegen beispielsweise bei Innenstädten oder bei größeren Erhebungen.

Die Wahl des zu verwendenden Wetterdatensatzes hängt letztendlich von den Wünschen und Zielen des Bauherrn ab.

### **3.13 Bauphysikalische Qualitäten – Sonnenschutz**

#### **3.13.1 Ziel**

Im Rahmen der Forschungsinitiative REG wurde in dem Arbeitspaket 3 (AP3) – Analyse als Nullmessung, die Erfassung der verschiedenen Gebäudeelemente also auch der Fassade, hier im Besonderen des Sonnenschutzes und der übergeordneten Steuerungsvorgaben und Möglichkeiten der individuellen Steuerungseingriffe formuliert.

Um den Sonnenschutz eines Gebäudes auf die Belange der im REG gesetzten Ziele sinnvoll zu erfassen und mit diesen erfassten Parametern den Informationsbedarf weiterer an REG beteiligten Disziplinen (Bauphysik, Technische Gebäudeausrüstung etc.) zu decken, wurde eine Erfassungsliste in Tabellenform entwickelt.

Ebenso werden mit den durch die Erfassungslisten erfassten Informationen wichtige Kriterien zur Optimierung bestehender Sonnenschutzsysteme festgehalten. Die Informationen können somit einfacher gesichtet und weitergegeben werden.

Mit der Erfassungsliste werden für den Sonnenschutz wichtigen Hauptgruppen untergliedert:

- Deckblatt – allgemeine Information zum Gebäude
- Fenster und Fassaden – Beschreibung der zu schattierenden Elemente
- Sonnenschutz außen – Beschreibung der Bauart außen
- Verglasung – Beschreibung der Verglasung
- Sonnenschutz innen – Beschreibung der Bauart innen
- Steuerung - Beschreibung der Sonnenschutz Steuerung
- Betrieb / Wartung - Beschreibung des Aufwandes für Betrieb und Wartung

#### **3.13.2 Auswertung Erfassungslisten**

Die Steuerung des Sonnenschutzes ist bezogen auf den Wirkungsgrad des Sonnenschutzes neben dessen baulicher Ausbildung der wichtigste Faktor.

Der Energieeintrag von außen in das Gebäude ist am niedrigsten wenn ein Sonnenschutzsystem zu 100% aktiviert wird. Dem Energieeintrag ins Gebäude steht die Nutzung des natürlichen Sonnenlichtes und der vom Nutzer gewünschte optische Bezug zur „Außenwelt“ gegenüber.

Mit sinnvollen Steuerungs- und Regelstrategien eines Behangsystems kann hier ein wirkungsvolles Optimum zw. Energieeintrag, Reduzierung des Kunstlichtbedarfes (Energie) und der Nutzerzufriedenheit gefunden werden.

### Züblin Haus

In der Züblin Hauptverwaltung ist folgendes Sonnenschutzsystem / Steuerung verbaut:

- Behang: Textiler Roll Screen Behang
- Antrieb: Manuell mittel Handkurbel je Einzelbehang
- Steuerung: Individuelle Steuerung durch den Nutzer

Die Steuerung des Sonnenschutzes ist im Gebäude der Züblin Hauptverwaltung personenbezogen und kann im eingebauten Zustand nicht mittels „Regelstrategien“ betrieben werden. Diese Ausbildung der Steuerung ist sicher die nutzerfreundlichste Variante, hat aber durch die fehlende übergeordnete automatische Steuerung Defizite bei der Reduzierung der Energieeinträge ins Gebäude.

Die Möglichkeit des individuellen Steuerungseingriffes durch den Nutzer besteht im Gebäude der Züblin Hauptverwaltung zu 100 %. Der durch den Nutzer (fast) immer gewünschte individuelle Eingriff in die Steuerung ist voll gegeben.

### Z-zwo

Im Z- Zwo ist folgendes Sonnenschutzsystem / Steuerung verbaut:

- Behang: Außen liegender Lamellenraffstore
- Antrieb: Elektrischer Motor
- Steuerung: Übergeordnete Steuerung, Zeit- und Wetterabhängig (Wind+Licht)

Die Steuerung des Sonnenschutzes wird im Gebäude Z-Zwo von einer übergeordneten Steuerung übernommen. Der außen liegende Lamellenraffstore ist bezogen auf die Fassadenflächen in 4 Bereiche gegliedert. Das Gebäude mit der Längsachse in Nord-Süd Richtung, hat eine Nord-Ost, Nord-West, Süd-Ost und Süd West Unterteilung.

Die zentrale übergeordnete Steuereinheit ist mit 2 Windwächtern inkl. Windrichtungsmesser und 4 Licht(Photo)sensoren inkl. Sonnenstandsanzeige auf die 4 Fassadenunterteilungen

aufgeteilt ausgestattet. Die Gruppen werden noch übergeordnet zeitabhängig in den Nachtstunden (20-5 Uhr) zugefahren und tagsüber per Sonnenintensität übergeordnet geschlossen bzw. aufgefahren.

Die Möglichkeit des individuellen Steuerungseingriffes durch den Nutzer besteht im Gebäude Z-Zwo zu 100 %. Der durch den Nutzer (fast) immer gewünschte individuelle Eingriff in die Steuerung ist bezogen auf den Raum voll gegeben. Lediglich bei Windgeschwindigkeiten von >10m/s länger als 10 Sekunden wird der Sonnenschutz übergeordnet eingefahren um Windschäden am außen liegenden Raffstore zu vermeiden.

### DVA

In der DVA ist folgendes Sonnenschutzsystem / Steuerung verbaut:

- Behang: Außen liegender Lamellenraffstore
- Antrieb: Elektrischer Motor
- Steuerung: Individuelle Steuerung durch den Nutzer

Die Steuerung des Sonnenschutzes wird im Gebäude DVA wurde von einer übergeordneten Steuerung übernommen. Jedoch war der Nutzerkomfort (Verdunkelung der Räume und fehlender Sichtkontakt) in erheblichem Maße eingeschränkt, dass nur die individuelle Steuerung der Einzelbüros über die vorhandenen Bedienpaneels aktiviert wurde.

Der außen liegende Lamellenraffstore ist bezogen auf die Bürobereiche aufgeteilt.

Die Möglichkeit des individuellen Steuerungseingriffes durch den Nutzer besteht im Gebäude DVA zu 100 %. Der durch den Nutzer (fast) immer gewünschte individuelle Eingriff in die Steuerung ist bezogen auf den Raum voll gegeben.

### **3.14 Lebenszykluskosten**

#### **3.14.1 Einleitung**

Unternehmen optimieren stetig ihre Abläufe. Dazu werden Wertschöpfungsketten wiederkehrend analysiert. Hierdurch werden neue Einsparungspotenziale aufgezeigt und es entsteht die Möglichkeit, Handlungsalternativen zu entwickeln. Ihre immobilienbezogene Infrastruktur, wie Betriebsstätten, Produktionsanlagen und Bürogebäude, bildet mittlerweile neben Produktionskosten den zweitgrößten fixen Kostenblock mit 25-50% des bilanzierten Anlagevermögens.<sup>15</sup> Sie stellt somit einen zentralen Ansatzpunkt für Optimierungen dar.

Davon ausgehend, dass im Laufe des Lebenszyklusses von Gebäuden bis zu 80% der Kosten durch die Nutzungskosten entstehen und nur 20% in der Herstellung<sup>16</sup>, wird schnell deutlich, wo der Hebel zu Optimierungsmaßnahmen anzusetzen ist. Zumal, die Herstellungskosten durch jahrzehntelange kontinuierliche Optimierung der Bauträger und bauausführenden Unternehmen kaum noch Potential bieten, große Entwicklungssprünge zu machen.

#### **3.14.2 Ziel**

Ziel der Untersuchung ist es, die angefallenen Herstellungskosten und die Nutzungskosten eines Basisjahres zu ermitteln. Auf Grundlage der ermittelten Werte wird eine Prognose der zu erwartenden Lebenszykluskosten der untersuchten Gebäude erstellt. Diese sollen miteinander verglichen werden, um mögliche monetäre Einsparpotenziale in den einzelnen Bereichen der Nutzungskosten aufzudecken.

#### **3.14.3 Methode**

Die Analyse der drei ausgewählten Bestandsgebäude wird in drei Stufen vorgenommen. In den ersten beiden Schritten werden die tatsächlichen Herstellungs- und Nutzungskosten ermittelt. Im dritten Schritt werden auf Grundlage der ermittelten Herstellungs- und Nutzungskosten die zu erwartenden Lebenszykluskosten der Gebäude prognostiziert.

##### Ermittlung der Herstellkosten

Die Herstellkosten können anhand der aktuellen Kostenkennwerte des Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI) ermittelt werden. Da die drei untersuchten Gebäude im Hause Züblin kalkuliert und ausgeführt wurden kann bei der Ermittlung der Herstellkosten auf die tatsächlich abgerechneten Kosten zurückgegriffen werden. Die Kosten wurden auf den Preisstand des Jahres 2008 umgerechnet. Die Angabe der Kosten erfolgt netto ohne Mehrwertsteuer.

---

<sup>15</sup> Schulte (2002), S. 21

<sup>16</sup> Riegel (2002), S.216

### Ermittlung der Nutzungskosten

Die tatsächlichen ausgewählten Nutzungskosten nach der DIN 18960 werden auf Grundlage von Abrechnungen aus dem Jahr 2008 ermittelt.

#### **KG 300 nach DIN 18960: Ver- und Entsorgung**

- KG 311 Wasser
- KG 312-316 Erdgas, Strom
- KG 320 Entsorgung Abwasser
- KG 330 Reinigung und Pflege von Gebäuden
- KG 350 Bedienung, Inspektion und Wartung
- KG 351 Bedienung der Technischen Anlagen
- KG 352 Inspektion und Wartung der Baukonstruktion
- KG 353 Inspektion und Wartung der TGA

#### **KG 400 nach DIN 18960: Instandsetzungskosten**

- KG 410 Instandsetzung der Baukonstruktion
- KG 420 Instandsetzung der TGA

### Ermittlung der Lebenszykluskosten

Für die Ermittlung der Lebenszykluskosten werden folgende ausgewählte Kostenarten berücksichtigt:

1. ausgewählte Herstellungskosten
2. ausgewählte Nutzungskosten
  - 2.1 ausgewählte Betriebskosten (Instandhaltung, Wartung, Betrieb, Reinigung)
  - 2.2 ausgewählte Instandsetzungskosten
3. Kosten für den Rückbau

#### **Verwendetes Investitionskalkül:**

Für die Berechnung der Lebenszykluskosten im Zeitraum T wird das Dynamische Investitionsverfahren verwendet. Unter Berücksichtigung des Kapitalzinses und der Preissteigerung wird mit dem einheitlichen Kalkulationszinssatz i der abgezinste Vermögensbarwert (Kapitalwert  $C_0$ ) für die Summe der Zahlungen  $C_t$  ermittelt.

$$C_0 = \sum_{t=0}^T c_t \cdot (1+i)^{-t}$$

Da eine Periode stellvertretend für die übrigen Perioden steht, wurde der Barwert mit Hilfe des Rentenbarwertfaktors ermittelt. Damit konnte ohne aufwändige Zeitreihenfolgen der Kapitalwert

in Excel ermittelt werden. Damit die Gebäude hinsichtlich ihrer Lebenszykluskosten vergleichbar gemacht werden können, sind diese Herstellkosten auf das Basisjahr 2008 bezogen.

Berechnung der LCC anhand der Summe folgender Teilergebnisse:

- Herstellkosten der KG 300
- Herstellkosten der KG 400
- Barwert regelmäßiger Instandhaltungskosten der KG 30
- Barwert regelmäßiger Instandhaltungskosten der KG 400
- Barwert regelmäßiger Kosten für Inspektion und Wartung der KG 400
- Barwert regelmäßiger Reinigungskosten
- Barwert regelmäßiger Energiekosten
- Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und entsorgung
- Barwert regelmäßiger Energiekosten
- Barwert der einmaligen Zahlungen für Rückbau

Für den Rückbau fand ein Erfahrungswert aus der Züblin Kalkulationsabteilung Anwendung. Der Barwert regelmäßiger Verwaltungskosten wird bei der Berechnung der Lebenszykluskosten nicht berücksichtigt.

### **3.14.4 Systemgrenzen**

#### Betrachtete Kostenarten

Um eine möglichst genaue Analyse der angefallenen Kosten zu ermöglichen, werden hierzu die Gliederung der DIN 276 für die Herstellungskosten und die Gliederung der DIN 18960 für die Nutzungskosten herangezogen.

Um die Gebäude vergleichbar zu machen, und die ermittelten Kennwerte nicht zu verzerren, wurden bei der Ermittlung der Herstellungskosten lediglich die reinen Bauwerkskosten (KG 300 und KG 400 nach DIN 276) betrachtet.

Bei den Nutzungskosten nach DIN 18960 wurden folgende Kostenarten betrachtet:

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| KG 300 | Betriebskosten        |
| KG 400 | Instandsetzungskosten |

Obwohl Finanzierungskosten mit einem Anteil von ca. 30% der gesamten Lebenszykluskosten den größten Anteil darstellen, sind diese bewusst ausgeklammert worden. Fehlende Informationen zu steuerrelevanten Grundlagen sowie den Finanzierungsmöglichkeiten der Erwerber (Fremdfinanzierungsquote, Finanzierungsangebote, Inanspruchnahme von Investitionszulagen, usw.) machen eine Vergleichbarkeit der Objekte unter Berücksichtigung von Finanzierungskosten unmöglich.

#### Betrachtungszeitraum und Betrachtungszeitpunkt

Für den Betrachtungszeitraum wurde der Zeitraum  $T = 50$  Jahre gewählt. Dieser Zeitraum ist realistisch und erfährt in der Praxis der Wertermittlung von Büro- und Geschäftsimmobilien Anwendung. So wird beispielsweise bei der Ertragswertberechnung für Ermittlung des Gebäudewertes als realistischer Richtwert für die Gesamtnutzungsdauer eines Büro- und Geschäftsgebäude ein Zeitraum von  $T=50$  Jahre festgelegt. Als Basisjahr der Betrachtung wird das Jahr 2008 gewählt.

#### Zinssätze und Inflation

Aufgrund der Methodik des verwendeten Kapitalwertmodells sind über den Betrachtungszeitraum einheitliche Zinssätze zum Kapitalzins und zur Inflation anzusetzen.

Es finden die einheitlichen Zinssätze der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) und des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Anwendung:

Kapitalmarktzins: 5,5 %

Inflation: 2 %

Inflation für Energie (Öl und Gas): 4%

#### Methodenkritik

Die Lebenszykluskostenbetrachtung berücksichtigt nicht alle Kostengruppen. Für die Beurteilung der gesamten Immobilieninvestitionskosten sind **alle** Kosten insbesondere die Finanzierungskosten zu berücksichtigen. Ebenso ist zu einer abschließenden Beurteilung der Wirtschaftlichkeit auch die Einnahmenseite zu berücksichtigen.

### **3.14.5 Ergebnis**

#### Analyse der Herstellkosten



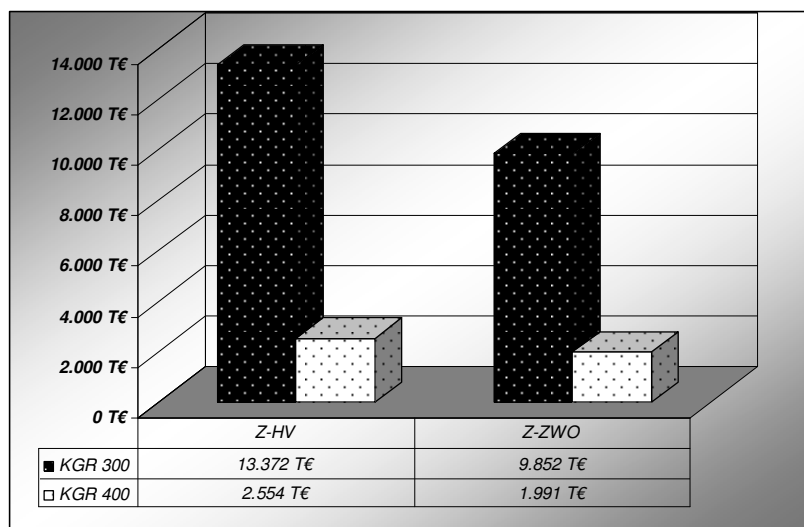


Abb. 3.14.5- 1: Herstellkosten der KGR 300 und 400

Die Anteile der KG 300 und 400 liegen konstant bei 1 : 5

Analyse der Nutzungskosten

Auswertung der Nutzungskosten im Basisjahr 2008:

|   | Z-HV               |             |                                  | Z-ZWO              |             |                                  |
|---|--------------------|-------------|----------------------------------|--------------------|-------------|----------------------------------|
| BGF in m <sup>2</sup>                     | <b>27.829</b>      |             |                                  | <b>15.632</b>      |             |                                  |
| Verwaltungskosten                         | 87.164 €/a         | 11%         | 3,13 €/m <sup>2</sup> BGF        | 52.188 €/a         | 14%         | 3,34 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Instandsetzungskosten                     | 134.348 €/a        | 16%         | 4,83 €/m <sup>2</sup> BGF        | 32.706 €/a         | 9%          | 2,09 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Wartungskosten                            | 69.675 €/a         | 9%          | 2,50 €/m <sup>2</sup> BGF        | 41.717 €/a         | 11%         | 2,67 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Entsorgung                                | 15.106 €/a         | 2%          | 0,54 €/m <sup>2</sup> BGF        | 9.044 €/a          | 2%          | 0,58 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Energieverbrauchskosten (Strom + Heizung) | 307.740 €/a        | 38%         | 11,06 €/m <sup>2</sup> BGF       | 122.291 €/a        | 33%         | 7,82 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Wasser                                    | 19.018 €/a         | 2%          | 0,68 €/m <sup>2</sup> BGF        | 4.088 €/a          | 1%          | 0,26 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| Reinigung                                 | 185.534 €/a        | 23%         | 6,67 €/m <sup>2</sup> BGF        | 111.086 €/a        | 30%         | 7,11 €/m <sup>2</sup> BGF        |
| <b>Summe</b>                              | <b>818.583 €/a</b> | <b>100%</b> | <b>29,41 €/m<sup>2</sup> BGF</b> | <b>373.121 €/a</b> | <b>100%</b> | <b>23,87 €/m<sup>2</sup> BGF</b> |

Abb. 3.14.5- 2: Tabelle der Nutzungskosten

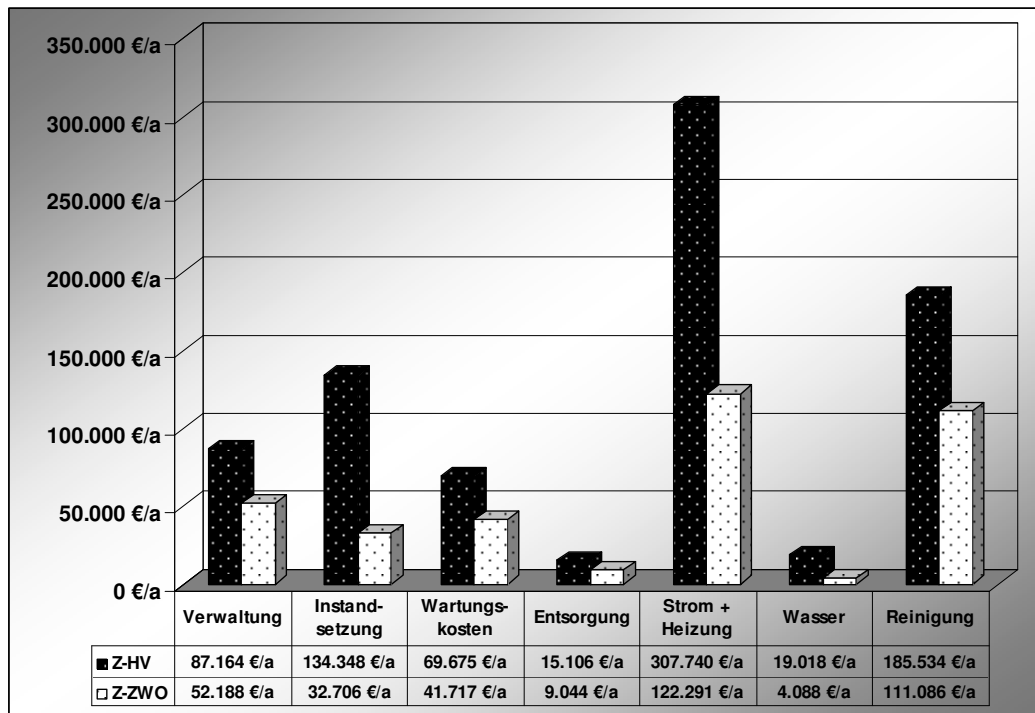


Abb. 3.14.5- 3: Nutzungskosten in Euro/a für KGR 300 und 400

In den Abbildung 2 und 3 sind die Nutzungskosten für das Basisjahr 2008 dargestellt. Die prozentualen Anteile der Nutzungskosten sind in den Abbildungen 4 und 5 aufgezeigt. Der Anteil von Kosten für Strom und Heizung ist bei beiden Objekten am höchsten. Kosten für die Reinigung nehmen den zweiten Platz ein. Erwartungsgemäß fallen die Kostenanteile für Instandsetzung, Strom und Heizung bei dem jüngeren Gebäuden Z-ZWO niedriger aus.

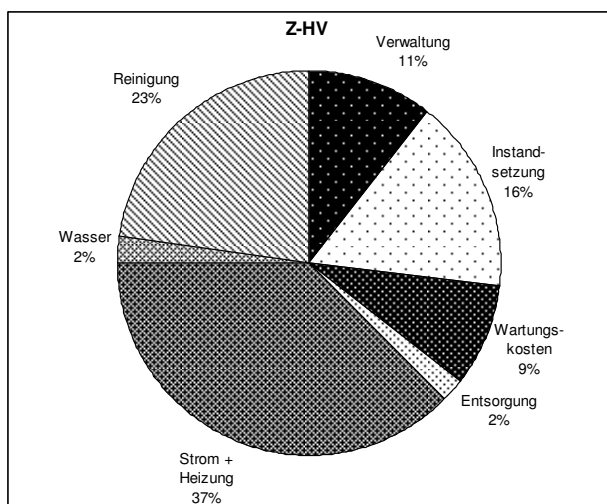


Abb. 3.14.5- 4: Z-HV: Prozentuale Verteilung der Nutzungskosten

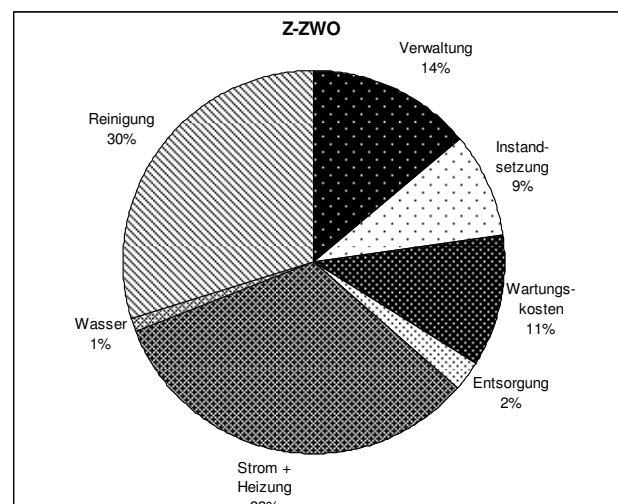


Abb. 3.14.5- 5: Z-ZWO: Prozentuale Verteilung der Nutzungskosten

Am aussagekräftigsten ist wohl die Abbildung 6. Dort werden die Lebenszykluskosten auf den m<sup>2</sup> BGF errechnet. Hier gibt es deutliche Unterschiede in den Instandhaltungskosten und den Strom- und Heizungskosten.

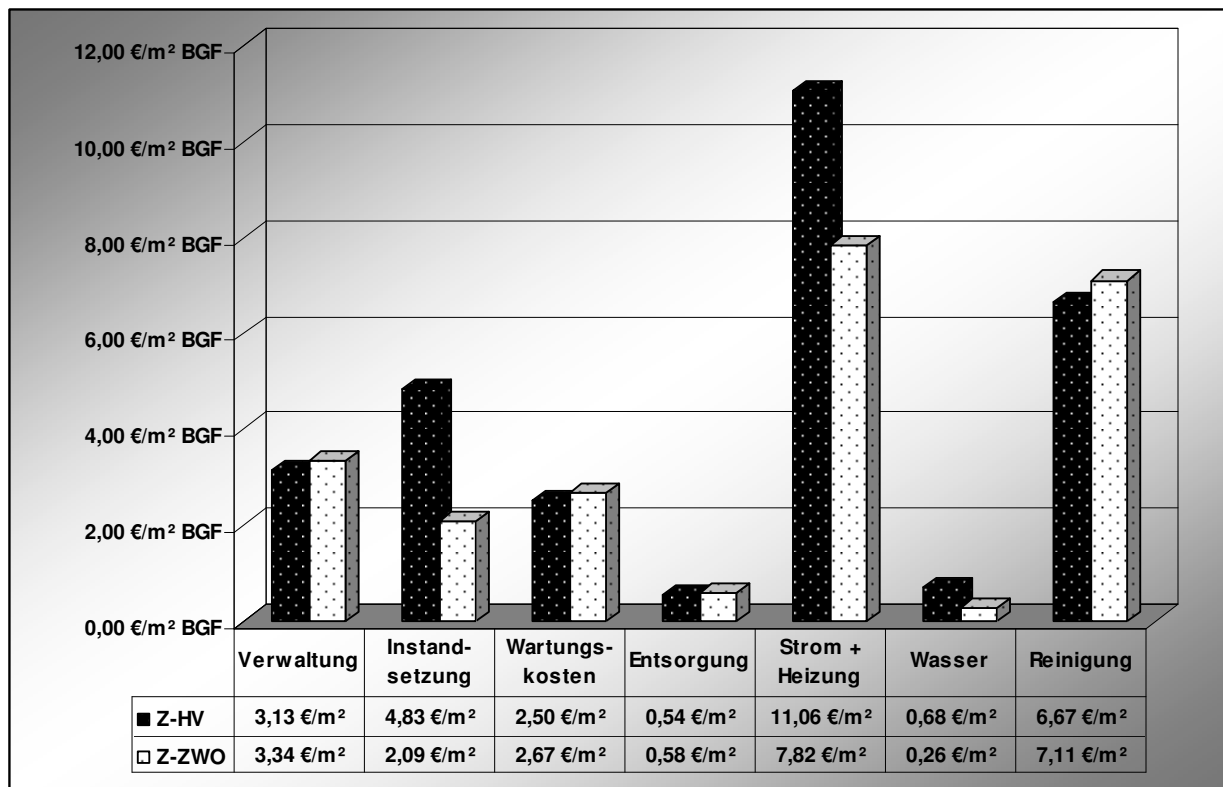


Abb. 3.14.5- 6: Vergleich der Nutzungskosten in €/m<sup>2</sup> BGF für Z-HV und Z-ZWO

Die Strom – und Heizungskosten, sowie die Instandhaltungskosten sind bei der Züblin Hauptverwaltung (Z-HV) deutlich höher. Hier wirkt sich das ältere Baujahr, und eine nicht mehr zeitgemäße energetische Bauweise negativ auf das Kostenverhalten der Immobilie aus.

Analyse der Lebenszykluskosten

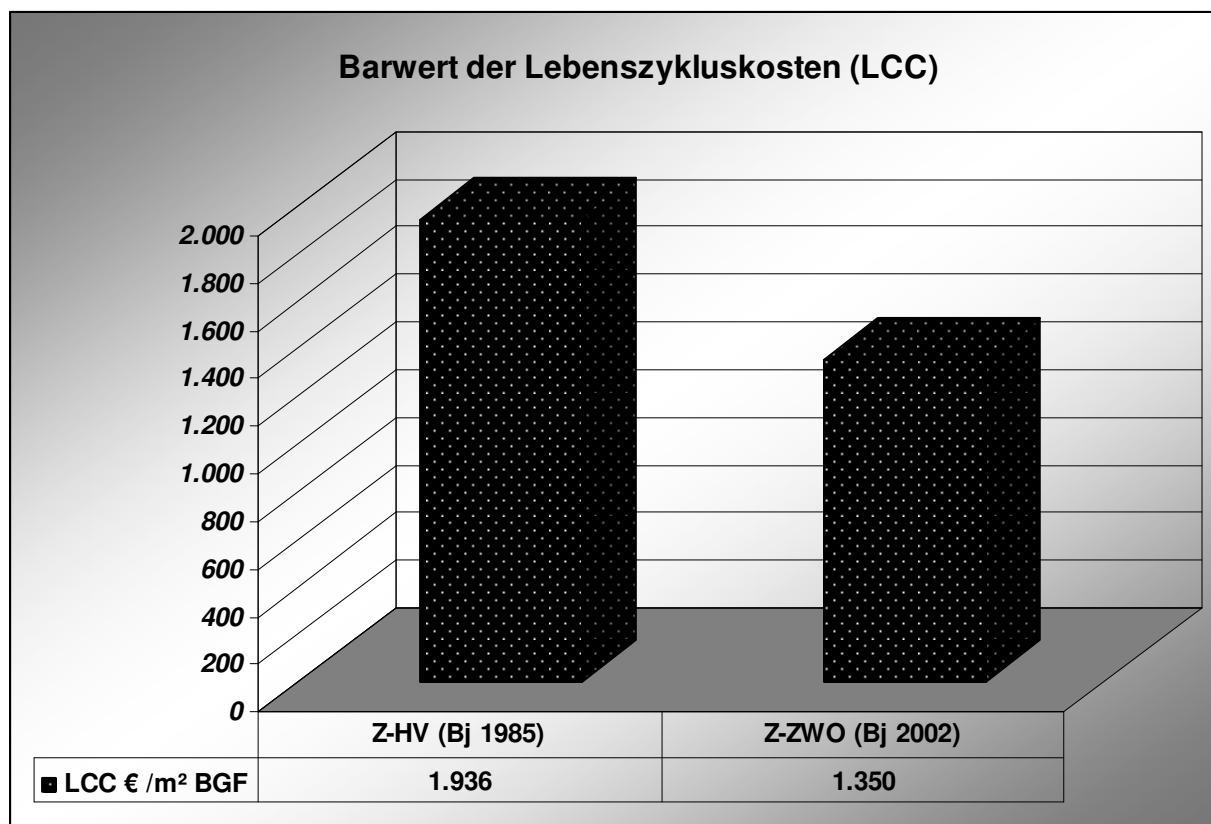
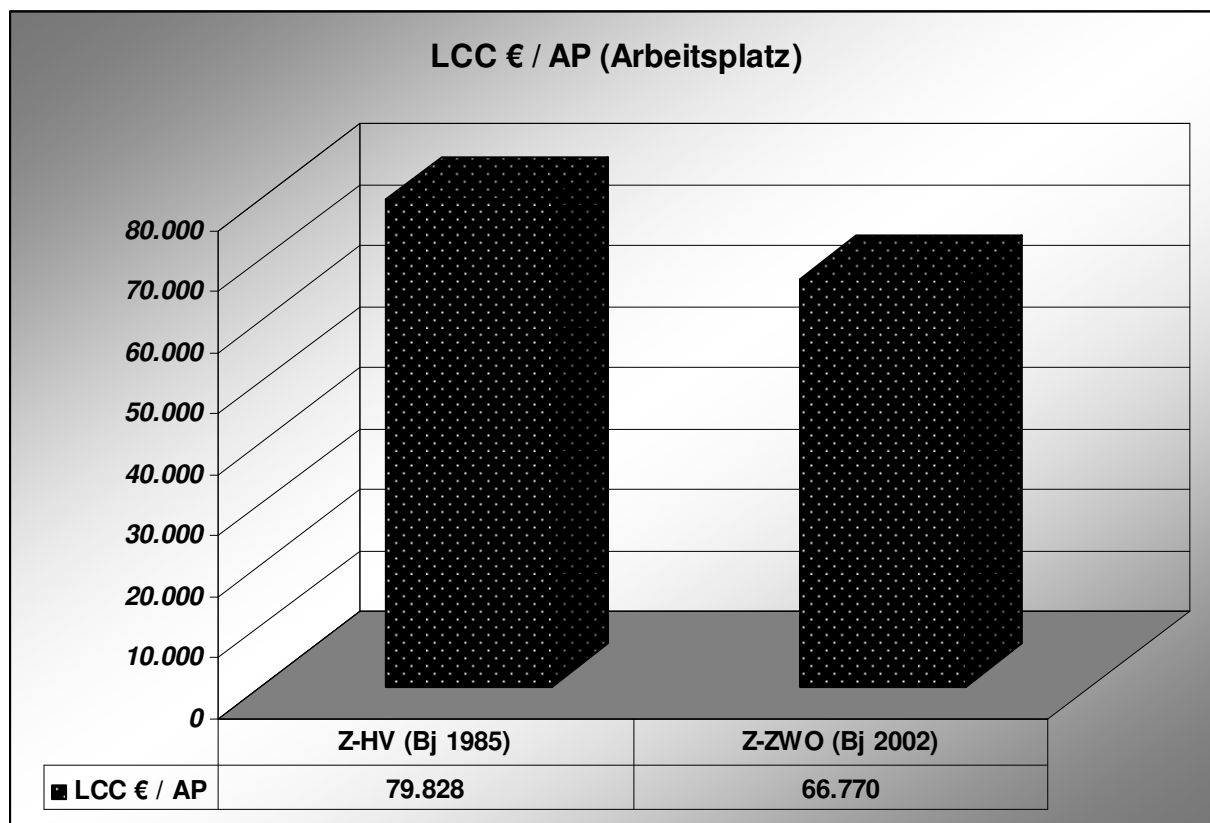


Abb. 3.14.5- 7: Vergleich der Lebenszykluskosten für Z-HV und Z-ZWO

Für das jüngere Objekt Z-ZWO ergeben sich im Vergleich zur Züblin Hauptverwaltung 30 % niedrigere Lebenszykluskosten pro m<sup>2</sup> BGF.



Die Lebenszykluskosten pro Arbeitsplatz weichen weniger stark ab wie die reinen Lebenszykluskosten pro m<sup>2</sup> BGF. Ursache hierfür ist eine höhere Mitarbeiterbelegung pro m<sup>2</sup> BGF im Z-zwo.

### 3.14.6 Auswertung

Die Berechnungen und Ergebnisse zur Ermittlung der Kostenkennwerte „Herstellkosten“ und „Nutzungskosten 2008“ können der Anlage Kennwertetabelle.xls und den REG-LCC Kennwerten-Huff.xls entnommen werden.

### 3.14.7 Fazit

Aufgrund der klaren Systematik der Methodik gab es keine größeren Schwierigkeiten in der Berechnung des Kapitalwertes und den daraus abgeleiteten Kennzahlen. Vielmehr war die Ermittlung der Ist-Kosten schwierig und zeitaufwendig. Demnach ergeben Sie zukünftig neue Aufgabenstellungen hinsichtlich einer verbesserten Dokumentation und Aufbereitung der Bau- und Nutzungskosten.

### 3.14.8 Literaturverzeichnis

**Bundesverkehrsministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung** (2010),  
*<http://nachhaltigesbauen.de>*

**Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB)**, (2009), *Steckbrief NBV08-16  
Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus*

**DIN 276 (1971): Kosten von Hochbauten**, DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag,  
Berlin.

**DIN 18960: Nutzungskosten im Hochbau**, DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag,  
Berlin.

**Kruschwitz**, Lutz (2005); *Investitionsrechnung*; Oldenbourg; 10. Auflage; München. ISBN 3-  
486-57771-9

**Riegel**, Wolfgang (2004), *Ein softwaregestütztes Berechnungsverfahren zur Prognose und  
Beurteilung der Nutzungskosten von Bürogebäuden*.

**Schulte**, Karl-Werner und **Ropeter**, Sven-Eric (1996) *Rentabilitätsanalyse für  
Immobilienprojekte*. In: Schulte, Karl-Werner, (ed.) Handbuch Immobilien-Projektentwicklung.  
Immobilien-Wissen. Müller, Köln, S. 165-221. ISBN 3-481-00986-0.

**Sigloch**, Jochen (2006), *Investitionsplanung mit Unternehmensbewertung*,  
Vorlesungsunterlagen Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre an der Rechts- und  
Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Bayreuth.

### 3.15 Zertifizierung Z-zwo

#### 3.15.1 Bewertung allgemein

Im Rahmen der Testanwendung der Beta-version für Pilotprojekte Büro- und Verwaltungsgebäude (NBV2008) wurde das Bürogebäude Z-zwo nach den Kriterien der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) auditiert. Im Januar 2009 erhielt die Ed. Züblin AG auf der Baumesse in München als eines der ersten sechzehn Gebäude ein DGNB-Nachhaltigkeitszertifikat, das Gütesiegel in Silber.

Das Gütesiegel der DGNB differenziert die fünf Hauptkriteriengruppen

- Ökologische Qualität
- Ökonomische Qualität
- Soziokulturelle und Funktionale Qualität
- Technische Qualität
- Prozessqualität
  
- Standortqualität wird gesondert bewertet, das heißt bekommt eine eigene Note.

Folgende Objektbewertung wurde durch den Konformitätsausschuss der DGNB bestätigt:

| <i>Kategorie</i>  | <i>Ökologische Qualität</i> | <i>Ökonomische Qualität</i> | <i>Soziokulturelle und funktionale Qualität</i> | <i>Technische Qualität</i> | <i>Prozessqualität</i> |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|----------------------------|------------------------|
| Wichtung          | 22,5%                       | 22,5%                       | 22,5%   | 22,5%                      | 10,0%                  |
| Teilnote          | 2,6                         | 1,3                         | 2,8   | 1,8                        | 2,6                    |
| <u>Gesamtnote</u> | 2                           |                             |   |                            |                        |

Folgende Standortbewertung wurde durch den Konformitätsausschuss der DGNB bestätigt:

Gesamtnote 1,6

Die Bewertung der Kriterien, geordnet nach den Hauptkriteriengruppen:

| Ökologische Qualität<br>Kriterium                        | Punkte<br>Ist | Punkte<br>Soll | Bedeutungs-<br>faktor | Erfüllungsgrad der<br>Kriteriengruppe<br>und Teilnote |
|--|---------------|----------------|-----------------------|---|
| Treibhauspotenzial (GWP)                                 | 6,4           | 10             | 3                     | 55,6%<br>Teilnote 2,6                                 |
| Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)                    | 10,0          | 10             | 0,5                   |   |
| Ozonbildungspotenzial (POCP)                             | 10,0          | 10             | 0,5                   |   |
| Versauerungspotenzial (AP)                               | 10,0          | 10             | 1                     |   |
| Überdüngungspotenzial (EP)                               | 10,0          | 10             | 1                     |   |
| <i>Risiken für die lokale Umwelt</i>                     | 0,0           | 10             | 3                     |   |
| <i>Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt</i>         | 0,0           | 10             | 1                     |   |
| <i>Mikroklima</i>  | 10,0          | 10             | 0,5                   |   |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE <sub>ne</sub> ) | 8,5           | 10             | 3                     |   |
| Primärenergiebedarf erneuerbar (PE <sub>ne</sub> )       | 4,9           | 10             | 2                     |   |
| <i>Frischwasserverbrauch Nutzungsphase</i>               | 4,4           | 10             | 2                     |   |
| <i>Flächeninanspruchnahme</i>                            | 5,0           | 10             | 2                     |   |

| Ökonomische Qualität<br>Kriterium      | Punkte<br>Ist | Punkte<br>Soll | Bedeutungs-<br>faktor | Erfüllungsgrad der<br>Kriteriengruppe<br>und Teilnote |
|--|---------------|----------------|-----------------------|---|
| gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus | 7,5           | 10             | 3                     | 85,0%   |
| <i>Wertstabilität</i>                  | 10,0          | 10             | 2                     | Teilnote 1,3  |



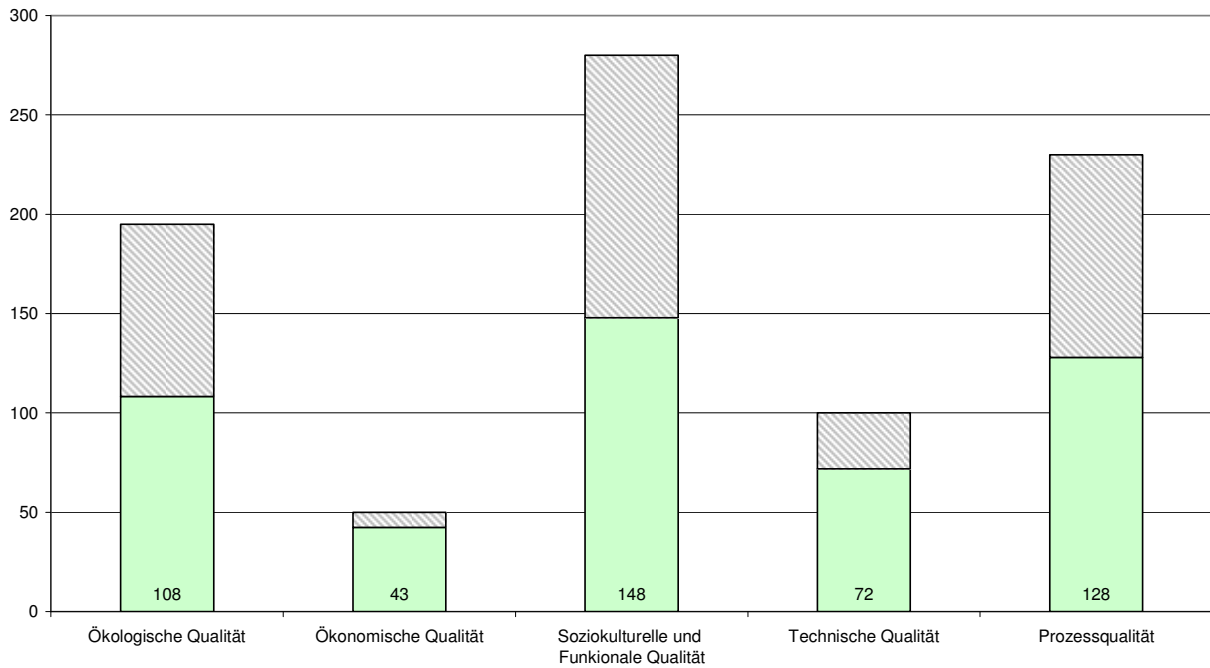
| Soziokulturelle und funktionale Qualität<br>Kriterium                           | Punkte Ist | Punkte Soll | Bedeutungsfaktor | Erfüllungsgrad der Kriteriengruppe und Teilnote |
|---|------------|-------------|------------------|---|
| Thermischer Komfort im Winter   | 10,0       | 10          | 2                | 52,8%<br>Teilnote 52,8                          |
| Thermischer Komfort im Sommer   | 5,0        | 10          | 3                |   |
| <i>Innenraumluftqualität</i>  | 0,0        | 10          | 3                |   |
| Akustischer Komfort   | 10,0       | 10          | 1                |   |
| <i>Visueller Komfort</i>  | 7,7        | 10          | 3                |   |
| <i>Einflussnahme des Nutzers</i>  | 7,5        | 10          | 2                |   |
| <i>Dachgestaltung</i>   | 10,0       | 10          | 1                |   |
| <i>Sicherheit und Störfallrisiken</i>   | 6,3        | 10          | 1                |   |
| <i>Barrierefreiheit</i>   | 7,5        | 10          | 2                |   |
| <i>Flächeneffizienz</i>   | 0,0        | 10          | 1                |   |
| <i>Umnutzungsfähigkeit</i>  | 9,3        | 10          | 2                |   |
| <i>öffentliche Zugänglichkeit</i>   | 3,0        | 10          | 2                |   |
| <i>Fahrradkomfort</i>   | 0,0        | 10          | 1                |   |
| <i>Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb</i> | 3,0        | 10          | 3                |   |
| <i>Kunst am Bau</i>   | 0,0        | 10          | 1                |   |

| Technische Qualität<br>Kriterium   | Punkte Ist | Punkte Soll | Bedeutungsfaktor | Erfüllungsgrad der Kriteriengruppe und Teilnote |
|--|------------|-------------|------------------|---|
| <i>Brandschutz</i>   | 7,5        | 10          | 2                | 71,8%<br>Teilnote 1,8                           |
| Schallschutz   | 7,0        | 10          | 2                |   |
| thermische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle         | 6,8        | 10          | 2                |   |
| <i>Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion</i> | 10,0       | 10          | 2                |   |
| <i>Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit</i>                           | 4,60       | 10          | 2                |   |

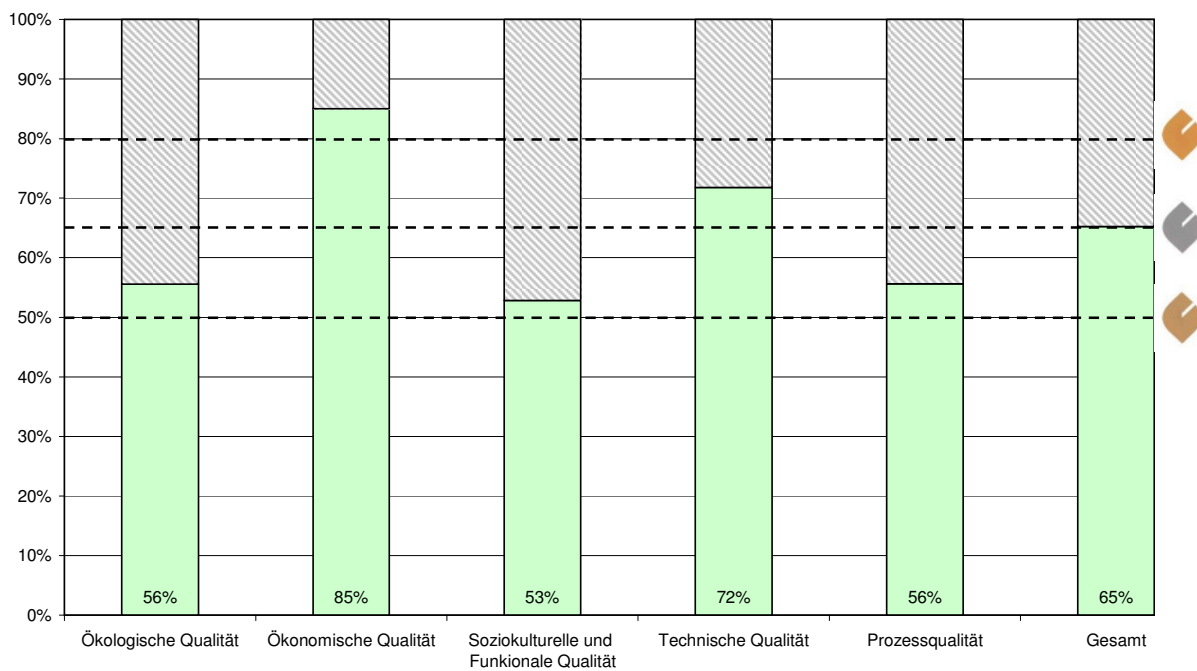
| Prozessqualität<br>Kriterium   | Punkte<br>Ist | Punkte<br>Soll | Bedeutungs-<br>faktor | Erfüllungsgrad der<br>Kriteriengruppe<br>und Teilnote |
|--|---------------|----------------|-----------------------|---|
| Qualität der Projektvorbereitung   | 3,0           | 10             | 3                     | 55,7%<br>Teilnote 2,6                                 |
| Integrale Planung  | 8,3           | 10             | 3                     |   |
| Nachweis der Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung | 7,5           | 10             | 3                     |   |
| Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe            | 0,0           | 10             | 2                     |   |
| Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung  | 8,3           | 10             | 2                     |   |
| Baustelle /Bauprozess  | 0,0           | 10             | 2                     |   |
| Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation                          | 5,0           | 10             | 2                     |   |
| Qualitätssicherung der Bauausführung   | 7,5           | 10             | 3                     |   |
| geordnete Inbetriebnahme   | 7,5           | 10             | 3                     |   |

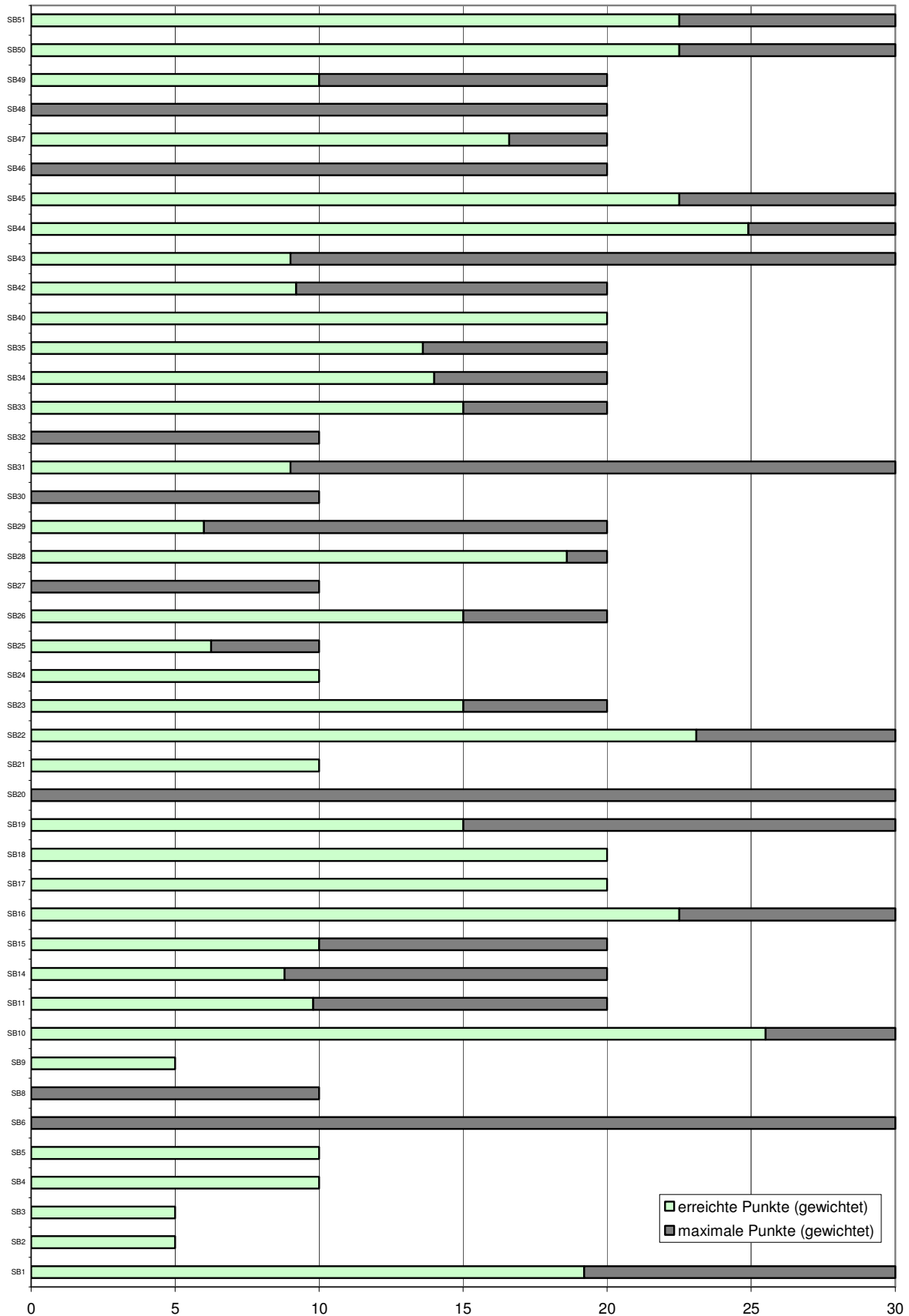
| Standortqualität<br>Kriterium                         | Punkte<br>Ist | Punkte<br>Soll | Bedeutungs-<br>faktor | Erfüllungsgrad der<br>Kriteriengruppe<br>und Teilnote |
|---|---------------|----------------|-----------------------|---|
| Risiken am Mikrostandort                              | 7,7           | 10             | 2                     | 76,1%<br>Teilnote 1,6                                 |
| Verhältnisse am Mikrostandort                         | 6,9           | 10             | 2                     |   |
| Image und Zustand von Standort und Quartier           | 9,2           | 10             | 2                     |   |
| Verkehrsanbindung                                     | 6,7           | 10             | 3                     |   |
| Nähe zu nutzungsrelevanten Objekten und Einrichtungen | 7,5           | 10             | 2                     |   |
| anliegenden Medien / Erschließung                     | 8             | 10             | 2                     |   |

**Punkteverteilung (ungewichtet)**



**Erfüllungsgrad (gewichtet)**





Für die Version 2008 sind die Kriterien 7, 12, 13, 36, 37, 38, 39, 41, 52, 53, 54, 55, 62 und 63 zurückgestellt. Sie fließen nicht in die Objektbewertung ein.

Die kursiv und hinterlegt gekennzeichneten Kriterien wurden in den Projekten Neckarstraße 121 und Züblin-Hauptverwaltung in Stuttgart im Rahmen des Arbeitspaketes 3 nicht untersucht. Alle anderen Kriterien wurden im Arbeitspaket 3 untersucht und beschrieben. Sie sind im Schwerpunkt auch die, die unmittelbar zu den ressourceneffizienten Kriterien gehören.

### **3.15.2 Ökologische Qualität**

#### **3.15.2.1 Wirkungen auf die globale Umwelt**

##### Steckbrief 1 bis 5

Ziel ist:

- die Reduktion des Treibhauspotentials (Global Warming Potential, GWP),
- des Schadstoffausstoßes, der zur Zerstörung der Ozonschicht beiträgt (Ozone Depletion Potential, ODP),
- die Reduktion des Ozonbildungspotentials (Photochemical Ozone Creation Potential, POCP),
- die Reduktion des Versauerungspotentials (Acid Potential, AP) und
- die Reduktion des Überdüngungspotentials (Eutrofication Potential (EP)

Für ODP und POCP muss eine Datenbasis aufgebaut werden. Durch die Dokumentation ist die Erfüllung dieser Kriterien gegeben. Im übrigen erfüllt Z-zwo die Zielwerte.

##### Steckbrief 6 – Risiken für die lokale Umwelt

Als Z-zwo geplant und gebaut wurde, war es im Bauwesen nicht gängige Praxis, Material- und Stoffgruppen zu dokumentieren, die Umweltrisiken verursachen. Auf Grund der somit fehlenden Dokumentation kann nicht gepunktet werden.

##### Steckbrief 8 – Sonstige Wirkungen auf die globale Umwelt

In der Pilotphase stand die Verwendung von Holz aus nachhaltigem Anbau im Fordergrund. Auch hier kann auf Grund fehlender Dokumentation, analog Steckbrief 6, nicht gepunktet werden.

### Steckbrief 9 – Mikroklima

Ziel ist die Reduzierung des Wärmeinseleffektes. Da noch keine Erfahrungswerte vorliegen, werden die Dach- und Fassadenmaterialien und deren Eigenschaften dokumentiert.

## **3.15.2 Ressourceninanspruchnahme und Abfallaufkommen**

### Steckbrief 10 – Primärenergiebedarf nicht erneuerbar und

### Steckbrief 11 – Primärenergiebedarf erneuerbar

Für den Betrieb des Gebäudes werden keine erneuerbaren Energien eingesetzt. Daher werden im Steckbrief 11 lediglich 50 % der Gesamtpunktzahl erreicht.

### Steckbrief 14 – Frischwasserverbrauch in der Nutzungsphase

Auch Wasser gehört zu den knapp werdenden Ressourcen. Insofern ist Ziel, Trinkwasserbedarf und Abwasseraufkommen zu reduzieren.

Grauwassernutzung und Regenwasserversickerung waren keine Planungsziele im Rahmen der Konzeptentwicklung von Z-zwo.

### Steckbrief 15 – Flächeninanspruchnahme

Ziel ist den Flächenverbrauch zu reduzieren. Belastete oder vorge nutzte Grundstücke gehen somit positiver in die Bewertung ein als z.B. die so genannte Grüne Wiese. Letztendlich ist die Punktevergabe insofern, außer im Rahmen einer vielleicht möglichen Grundstückswahl nicht zu beeinflussen. Da Z-zwo im Rahmen der Weiterentwicklung des Züblin Standortes entstand, ist die Punktevergabe nicht beeinflussbar.

## **3.15.3 Ökonomische Qualität**

### **3.15.3.1 Lebenszykluskosten**

### Steckbrief 16 – Gebäudebezogene Kosten im Lebenszyklus

Für das Bauunternehmen Züblin gehört wirtschaftliches Bauen zu den erklärten Zielen. Schon in der Planungsphase im Jahr 2000 wurden für entscheidende Teilbereiche Nutzungs- und Instandhaltungskosten berechnet. Auf dieser Grundlage wurden Investitionsentscheidungen getroffen.

### **3.15.3.2 Wertentwicklung**

#### Steckbrief 17 – Wertstabilität

Die Züblin Projektentwicklung hat das Gebäude für den freien Markt geplant. Flächeneffizienz, Modularität, Flexibilität und Verwendbarkeit für vielschichtige Nutzeranforderungen wurden deshalb schon in der Konzeptphase als grundlegende Ziele festgelegt.

### **3.15.4 Soziokulturelle und Funktionale Qualität**

#### **3.15.4.1 Gesundheit, Behaglichkeit und Nutzerzufriedenheit**

##### Steckbrief 18 – Thermischer Komfort im Winter

Die Anforderungen wurden vollumfänglich erreicht, da unter anderem keine Bauteile zur Kühlung oder Heizung eingesetzt werden sowie keine Raumlufttechnische Anlage mit Be- und Entfeuchtungsanlagen existieren.

##### Steckbrief 19 – Thermischer Komfort im Sommer

Das Gebäude wurde mit einer Nachtlüftung ausgestattet. Auf mechanische Kühlanlagen wurde aus ökologischen Gründen verzichtet.

##### Steckbrief 20 – Innenraumluftqualität

Um Punkte zu erreichen ist von der DGNB eine Messung der Innenraumluftqualität vier Wochen nach Fertigstellung vorgesehen. Um Punkte zu generieren kann die Messung zu einem späteren Zeitpunkt nicht nachgeholt werden.

##### Steckbrief 21 – Akustischer Komfort

Ziel ist einen niedrigen Stör- und Geräuschpegel sowie Sprachverständlichkeit sicherzustellen. Zum Nachweis wurden Messungen durchgeführt. Die Anforderungen an DIN 18041 wurden um 20 % unterschritten.

##### Steckbrief 22 – Visueller Komfort

Ziel ist unter anderem eine ausgewogene Beleuchtung ohne nennenswerte Störungen wie Direkt- oder Reflexblendung, ein ausreichendes Beleuchtungsniveau und individuelle Anpassungsmöglichkeiten sicherzustellen. Dies wird erreicht, da bereits in der Planungsphase Tageslichtsimulationen mit dem Programm Radiance durchgeführt wurden, mit denen die Planungsziele verifiziert wurden.

### Steckbrief 23 – Einflussnahme des Nutzers

Alle Arbeitsplätze werden durch öffnenbare Fenster mit Luft versorgt. Für den sommerlichen Wärmeschutz sind die Fenster mit einem motorischen Stellantrieb versehen, der in Kombination mit zentralen Abluftventilatoren für einen erhöhten nächtlichen Luftwechsel sorgt. Jedes zweite Fenster, mindestens eins je Büroraum ist vom Nutzer öffnenbar.

Der Sonnenschutz wird in 95 Gruppen automatisch aktiviert und kann vom Nutzer individuell übersteuert werden.

Der Blendschutz wird über den außen liegenden Sonnenschutz mit Tageslicht-Lenkfunktion realisiert. Er wird automatisch aktiviert und kann individuell vom Nutzer übersteuert werden.

Das Gebäude ist mit Heizkörpern und Thermostatventilen ausgestattet. Dadurch hat der Nutzer individuellen Einfluss auf die gewünschte Temperatur im Winter. Die Systemauslegung ist 70/40 °C.

Das Gebäude ist in der Grundvariante mit einem Passiven Kühlsystem ausgestattet (Nachtlüftung). Dieses funktioniert durch motorisch angetriebene Fensterstellantriebe in Kombination mit Abluftventilatoren. Die Fenster werden bei Überschreiten einer einstellbaren Tagesmitteltemperatur Nachts so lange geöffnet, bis der bereichsweise angeordnete Temperaturfühler 21 °C (Wert individuell einstellbar) erreicht hat. Dadurch ist eine bereichsweise Temperaturvorgabe gegeben. Zusätzlich ist für jede mögliche Unterteilung (je Geschoss zwei Einheiten) die Nachrüstung einer Kälteanlage vorgehalten (Mieterausbau).

Die Arbeitsplätze haben Stehleuchten mit Direkt-/Indirektanteil der Beleuchtung. Diese wird über Bewegungsmelder gesteuert und ist dimmbar.

### Steckbrief 24 – Dachgestaltung

Das Dach ist für eine Nutzung nicht zugänglich. Z-zwo hat ein extensives Gründach. Von der Gebäudetechnik sind lediglich die notwendigen Dachventilatoren (WC-Entlüftung, Sommer-Nachtspülung) auf dem Dach installiert. Diese sind minimiert jeweils über dem Kern der zwei Mietbereiche zusammengefasst worden.



#### Steckbrief 25 – Sicherheit- und Störfallrisiken

Das Gebäude berücksichtigt das subjektive Sicherheitsempfinden und den Schutz vor Übergriffen durch übersichtliche Wegeführungen, gute Ausleuchtung, eine Videoanlage, Pförtnerdienste während der Betriebszeit und Notrufmöglichkeiten außerhalb der Betriebszeit. Die Aufzüge haben eine 24h-Notrufanlage und die technischen Anlagen werden 24h überwacht mit Weiterleitung von Störmeldungen über Global System für Mobile Communications (GSM). Es sind ausreichend Maßnahmen getroffen, um das Schadensausmaß im Eintrittsfall zu beschränken.

#### Steckbrief 26 – Barrierefreiheit

Das Gebäude wurde nach geltender Normung barrierefrei ausgeführt. Die Steckbriefanforderung von 95 % Barrierefreiheit der NGF ist unrealistisch, da Treppen und Schächte mehr als 5 % der NGF in Anspruch nehmen.

#### Steckbrief 27 – Flächeneffizienz

Die Flächeneffizienz errechnet sich aus dem Quotienten von Quadratmetern (qm) Nutzfläche zu Quadratmetern (qm) Bruttogrundfläche. Da der Steckbrief nicht zwischen Tiefgarage und Büroflächen differenziert, ist kein gutes Ergebnis zu erreichen. Hier besteht nach hiesigem Ermessen Korrekturbedarf im Steckbrief.

#### Steckbrief 28 – Umnutzungsfähigkeit

Die Züblin Projektentwicklung hat das Gebäude für den freien Markt geplant. Flächeneffizienz, Modularität, Flexibilität und Verwendbarkeit für vielschichtige Nutzeranforderungen wurden deshalb schon in der Konzeptphase als grundlegende Ziele festgelegt.

#### Steckbrief 29 – Öffentliche Zugänglichkeit

Das Gebäude ist für die Öffentlichkeit nicht grundsätzlich zugänglich. Dadurch ist eine gute Punktzahl nicht erreichbar. (Ob das Kriterium nachhaltig ist, obliegt der individuellen Betrachtung.)

#### Steckbrief 30 – Fahrradkomfort

Es sind an mehreren Stellen um und in dem Gebäude neunundfünfzig Fahrradstellplätze vorhanden. Die quantitative Anforderung ist erfüllt. Die qualitativen Anforderungen der DGNB nur teilweise. Die Null-Punkte-Vergabe der DGNB ist nicht nachvollziehbar.

### **3.15.4.2 gestalterische Qualität**

#### Steckbrief 31 – Sicherung der gestalterischen und städtebaulichen Qualität im Wettbewerb

Ein Wettbewerb nach GRW 95 / RPW 2008 oder ähnliches Verfahren erfolgte nicht. Ob Qualität nur dadurch erreichbar ist?

#### Steckbrief 32 – Kunst am Bau

./.

### **3.15.5 Technische Qualität**

#### **3.15.5.1 Qualität der technischen Ausführung**

##### Steckbrief 33 – Brandschutz

Die gesetzlichen Vorgaben sind erfüllt. Es gibt eine Brandmeldeanlage mit Wartungsvertrag.

##### Steckbrief 34 – Schallschutz

Die Anforderungen an den Schallschutz sind eingehalten und teilweise übererfüllt.

##### Steckbrief 35 – Thermische und feuchteschutztechnische Qualität der Gebäudehülle

Für die Wärmedurchgangskoeffizienten der außen liegenden Bauteile sowie für die Luftdichtigkeitsprüfung wurden die Höchstwerte erreicht. Der Wärmebrückenzuschlag erfüllt die Mindestkriterien.

##### Steckbrief 40 – Reinigungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit der Baukonstruktion

Das gesamte Gebäude lässt sich leicht reinigen und erfüllt alle Anforderungen.

##### Steckbrief 42 – Rückbaubarkeit, Recyclingfreundlichkeit

Der Demontageaufwand ist durchschnittlich einzustufen, die Möglichkeiten der Materialtrennung vertretbar.

### **3.15.6 Prozessqualität**

#### **3.15.6.1 Qualität der Planung**

- Steckbrief 43 – Qualität der Projektvorbereitung
- Steckbrief 44 – Integrale Planung
- Steckbrief 45 – Nachweis der Optimierung und Komplexität der Herangehensweise in der Planung
- Steckbrief 46 – Sicherung der Nachhaltigkeitsaspekte in Ausschreibung und Vergabe
- Steckbrief 47 – Schaffung von Voraussetzungen für eine optimale Nutzung und Bewirtschaftung
- Steckbrief 48 – Baustelle / Bauprozess
- Steckbrief 49 – Qualität der ausführenden Firmen / Präqualifikation

Im Sinne der Steckbriefe lassen sich die Qualitäten sechs Jahre nach Baufertigstellung nicht mehr dokumentieren.

#### **3.15.6.2 Qualität der Bauausführung**

- Steckbrief 50 – Qualitätssicherung der Bauausführung
- Steckbrief 51 – Geordnete Inbetriebnahme

Im Sinne der Steckbriefe lassen sich die Qualitäten sechs Jahre nach Baufertigstellung nicht mehr dokumentieren.

### **3.15.7 Standortqualität**

Die Qualitäten gehen nicht in die Gesamtnote ein und werden hier auch nicht weiter ausgeführt.

### **3.15.8 Fazit**

Die Planung von Z-zwo begann im Jahr 2000, die Nutzerübergabe im November 2002. Damals wurden bereits viele Nachhaltige Qualitäten durch Züblin beachtet und umgesetzt. Dadurch schafft das Gebäude auch im Jahr 2008 die Kriterien der DGNB und erhält das Gütesiegel in Silber.

Die DGNB bildet die Kriterien der Nachhaltigkeit ganzheitlich ab. Eine Reihe von Nachhaltigkeitskriterien rücken erst im Rahmen eines Zertifizierungsprozesses in das Bewusstsein der am Planungs- und Bauprozess Beteiligten. So zwingt die DGNB durch die integrale Forderung des Planungs- und Bauprozesses alle Partner bereits mit der Projektidee an den Planungstisch. Und der Prozess endet nicht mit Baufertigstellung und Schlüsselübergabe, sondern über die Betriebsphase hinaus bis zur Revitalisierung oder dem Rückbau und Recycling des Gebäudes.

### 3.16 Fazit AP3

#### 3.16.1 Einleitung

Im folgenden Kapitel werden die in der Nullanalyse ermittelten Werte den Werten aus EnoB gegenübergestellt. Daran angeschlossen werden, soweit sinnvoll, wesentliche Ergebnisse der Nullmessung zusammengefasst.

#### 3.16.2 Ergebnisdarstellung und Vergleich mit EnoB-Projekten

##### 3.16.2.1 Energetischer Status – Betriebsdaten

###### Ist-Zustand

Um den Ist-Zustand der Gebäude zu erfassen wurde eine strukturierte Liste erarbeitet. Mit dieser Liste sind die technischen Daten der eingebauten Geräte erfasst worden. Soweit vorhanden, wurden Zählerstände erfasst und Betriebszeiten notiert. Die Nutzerausstattung (wie z.B. EDV) ist ebenfalls enthalten. Bei einem direkten Vergleich, z.B. zwischen der installierten Heizleistung mit denjenigen der EnoB-Gebäude, erkennt man deutlich höhere Werte. Man darf jedoch die teilweise enthaltenen und für den Betrieb notwendigen Redundanzen nicht vergessen.

| Projekt      | Wärmeerzeuger                               | Installierte Heizleistung<br>W/m² |
|--------------|---|-----------------------------------|
| Züblinhaus   | Niedertemperatur (Gas)                      | 86                                |
| Z-Zwo        | Gas-Brennwertkessel                         | 63                                |
| DVA          | Fernwärme                                   | 87                                |
| Premino      |   | 66                                |
| Artec-Forum  |   | 78                                |
| D-Kö 92      |   | 134                               |
| ECOTEC       | Fernwärme +<br>Wärmepumpe (Abluft)          | 50                                |
| Wagner       | Gas-BHKW, Solarkollektoren                  | 6*                                |
| Hübner       | Nahwärme                                    | 37                                |
| FhG-ISE      | Gas-Brennwertkessel +<br>Gas-BHKW           | 18                                |
| DB Netz      | Gas-Brennwertkessel                         | 77                                |
| FH-BRS       | Gas-Brennwertkessel +<br>Gas-BHKW           | 47                                |
| GIT          | Gas-Brennwertkessel +<br>Wärmepumpe         | 65                                |
| Lamparter    | Gas-Brennwertkessel                         | 18                                |
| NIZ          | Fernwärme                                   | 35                                |
| SurTec       | Gas-Brennwertkessel                         | 18                                |
| ZUB          | Fernwärme                                   | ≈30                               |
| Pollmeier    | Holzessel                                   | 47                                |
| Solvis       | Rapsöl-BHKW                                 | 27                                |
| KfW          | Holzpellets, Gas-Spitzenkessel              | 45                                |
| EnergieForum | Fernwärme + Wärme-<br>pumpe (Energiepfähle) | 53                                |
| Energion     | Fernwärme                                   | 27                                |
| TMZ          | Wärmepumpe (Erdsonden)<br>+ Fernwärme       | 106                               |
| BOB          | Wärmepumpe (Erdsonden)                      | 52                                |
| GMS          | Wärmepumpe + Holzpellets                    | 34                                |
| Lebenshilfe  | Wärmepumpe + Holzessel                      | k.A.                              |
| UBA          | Deponiegas BHKW                             | k.A.                              |
| SIC          | Fernwärme                                   | 36                                |

Quelle : Bürogebäude mit Zukunft, 2007, Seite 137  
Quelle REG: Ed. Züblin AG; Biffinger Berger Hochbau GmbH

- REG-Forschungsprojekte: Ed. Züblin AG
- REG-Forschungsprojekte: Biffinger Berger Hochbau GmbH
- EnoB-Forschungsprojekte

\* saisonaler Speicher

Abbildung 3.16.2.1-1 Heizsystem und installierte Heizleistung im Zusammenhang

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Installierten Leistungen sagen nichts über die Effizienz eines Gebäudes aus. Gerade bei dem Einsatz von Umweltenergien sollte eine Backup-Lösung vorhanden sein.
- Die strukturierte Erfassung der eingebauten Geräte sollte schon während der Gebäudeplanung für den Betrieb optimiert erfolgen.

Besonderheiten der aufgeführten Projekte

Da in der Nullmessung nur Bestandsgebäude untersucht wurden, ist die Anzahl an Technologien, die Energie einsparen, gering. Beim Z-zwo wurde mit der Nachtluftspülung und der Tageslichtlenkung in den Jalousien bereits Verbesserungen für den Nutzerkomfort erreicht. Die Übersicht kann dazu dienen, für Neubauten Maßnahmen herauszufiltern, die sich schon in einer Vielzahl von Gebäuden gewährt haben bzw. diese als Referenzprojekte auf den Wirkungsgrad der Maßnahme zu untersuchen.

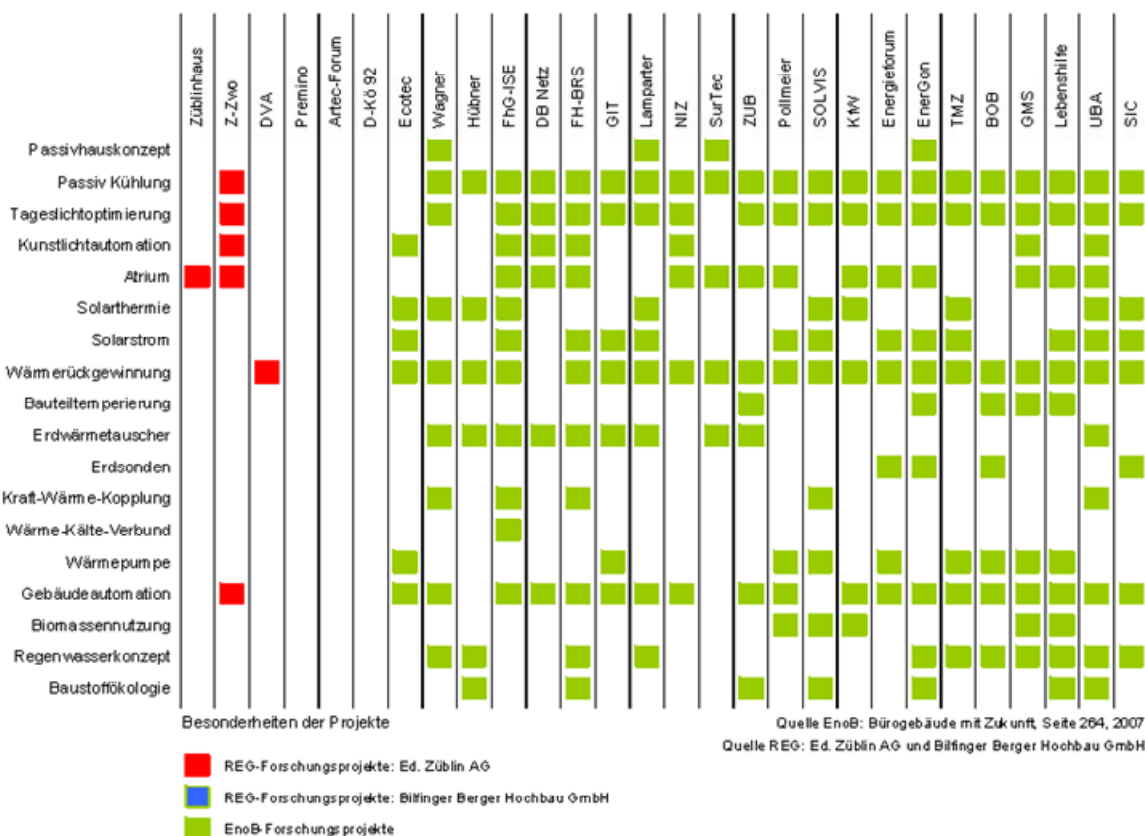


Abbildung 3.16.2.1-2 Projektsteckbriefe – Vergleich REG + EnoB

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Für ressourceneffiziente Gebäude ist nicht die quantitative Häufigkeit oder Art innovativer Techniken ausschlaggebend, sondern deren abgestimmter Einsatz.
- Der Gebäudestandort ist unbedingt in die Planung mit einzubeziehen.

Ist-Verbrauch

Der reale Energieverbrauch der von Züblin untersuchten Gebäude wurde den Jahresrechnungen entnommen. Um den Witterungseinfluss auszuschließen, wurde mit Hilfe der Gradtagszahl-Korrektur gem. VDI 2067 der Energieverbrauch angepasst. Beim direkten Vergleich der Primärenergiekennzahl von aktuellen Standard-Büroneubauten und den Bestandsgebäuden sind Sondereffekte wie z. B. der Stromverbrauch von Rechenzentren deutlich zu erkennen.

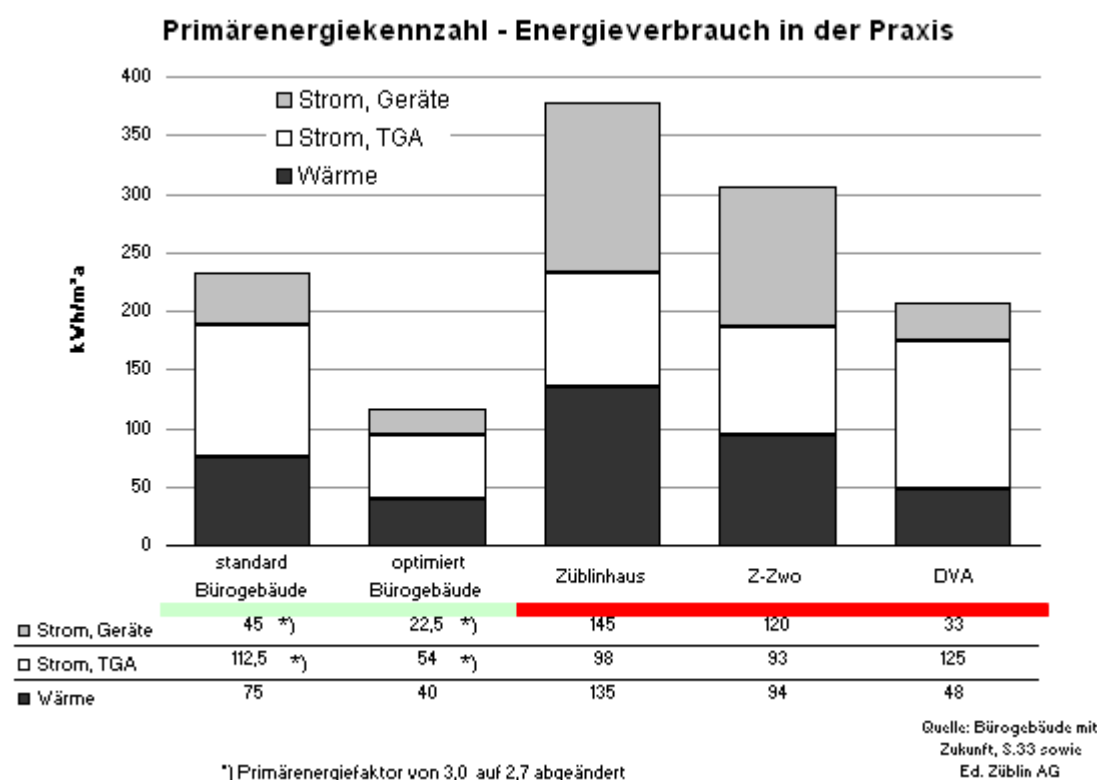


Abbildung 3.16.2.1-3 Primärenergiekennzahl – Energieverbrauch in der Praxis

Das nachfolgende Diagramm zeigt den End- und Primärenergieverbrauch ohne nutzungsbedingte Verbraucher. Auch diese Auswertung zeigt, dass die Klimatisierung eines enthaltenen Großrechenzentrums einen enormen Einfluss auf das Ergebnis hat.

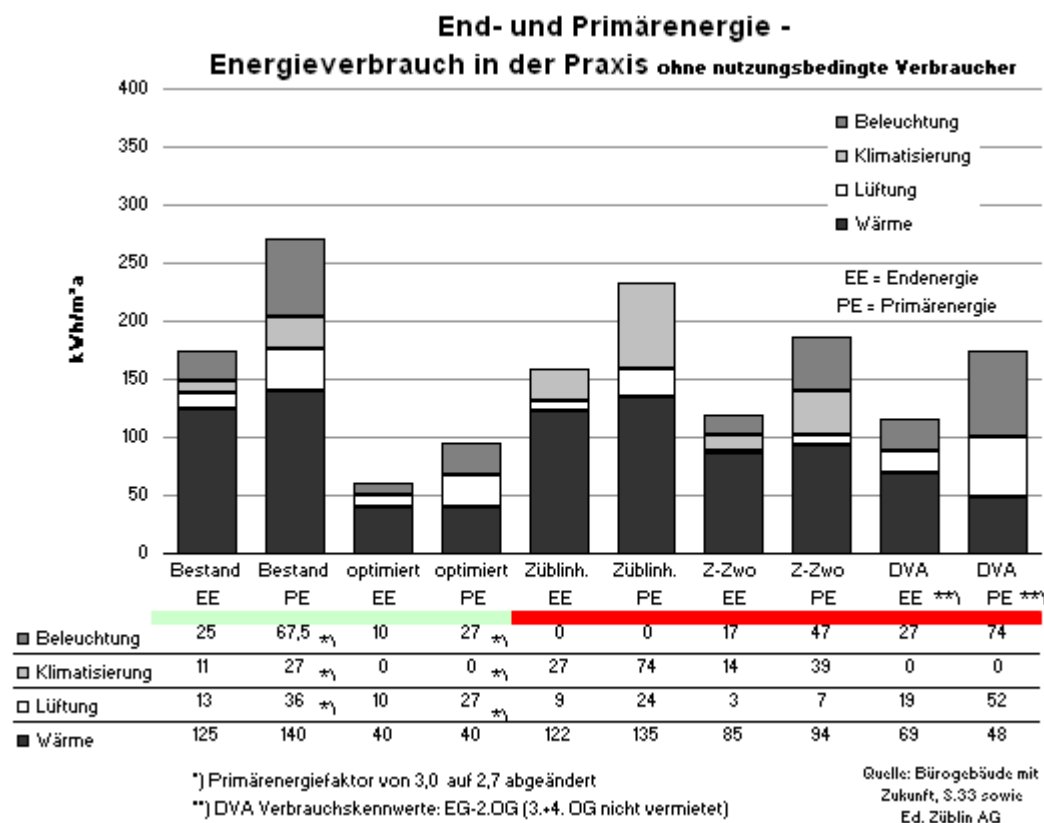


Abbildung 3.16.2.1-4 End- und Primärenergieverbrauch in der Praxis ohne nutzungsbedingte Verbraucher

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Energieeffiziente Gebäude benötigen ein Monitoring und die Möglichkeit Sonderverbraucher getrennt zu erfassen. Es ist daher notwendig eine ausreichende Anzahl von Zählern sinnvoll zu platzieren
- Für den Vergleich von Gebäuden sollten einige wenige einheitliche Bezugsgrößen festgelegt werden, die klar definiert sind.

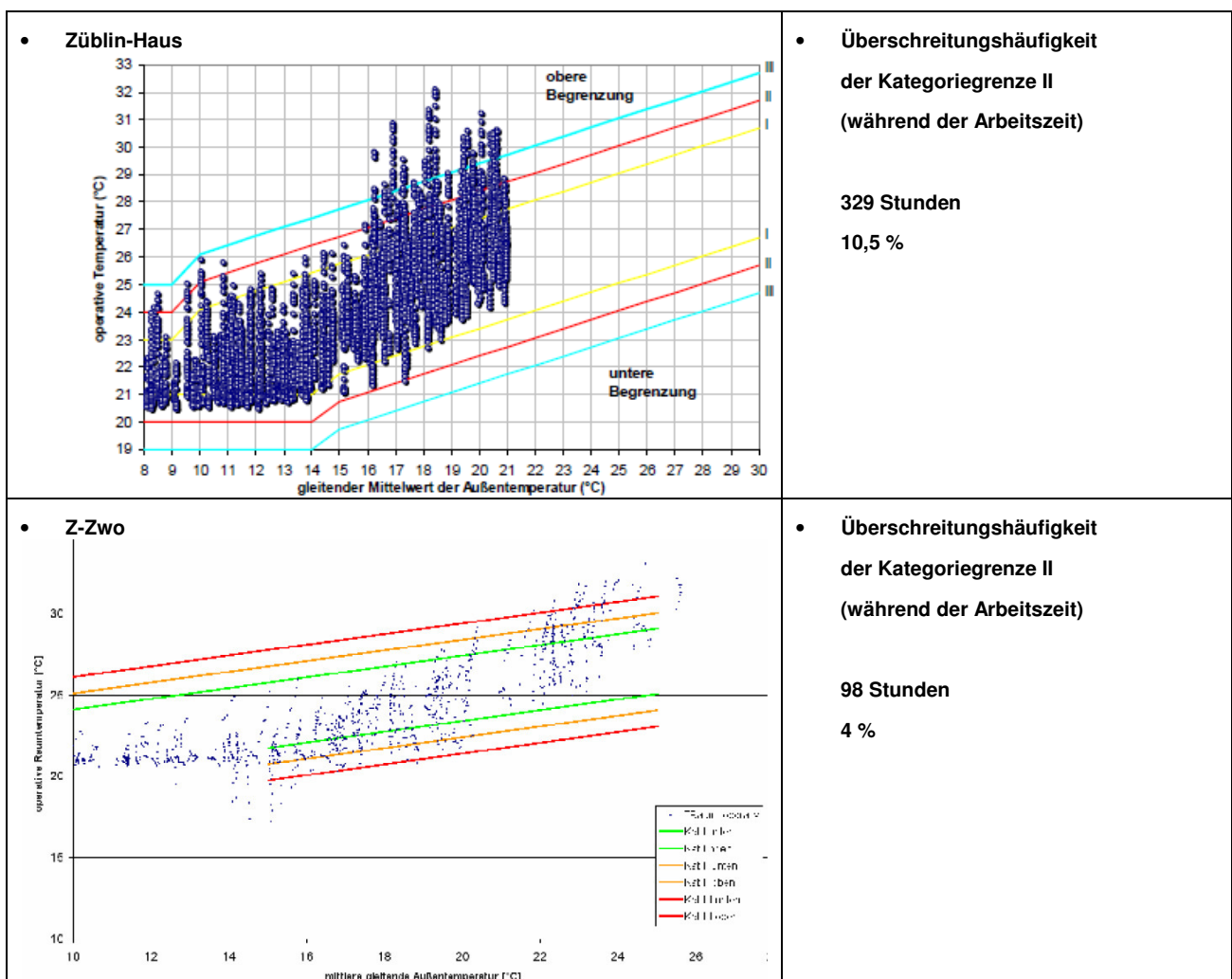


### 3.16.2.2 Thermische Einzonensimulation, Tageslichtquotienten und Wetterdaten (TGA)

#### Thermische Einzonensimulation

Mit einer thermischen Einzonensimulation werden üblicherweise Referenzräume untersucht und bewertet. Bei der Wahl des Raumes sollte die Ausrichtung und die Nutzung berücksichtigt werden. Eine Verschattungsanalyse hilft, speziell bei komplexen Gebäudeformen, repräsentative Zonen zu finden. Mit den durchgeführten thermischen Einzonensimulation können verschiedene Nutzerverhalten bewertet werden. Es zeigt sich, dass der Nutzer einen sehr hohen Einfluss auf den Energieverbrauch hat.

#### Exemplarische Ergebnisse in Kategoriedarstellung gem. EN 15251



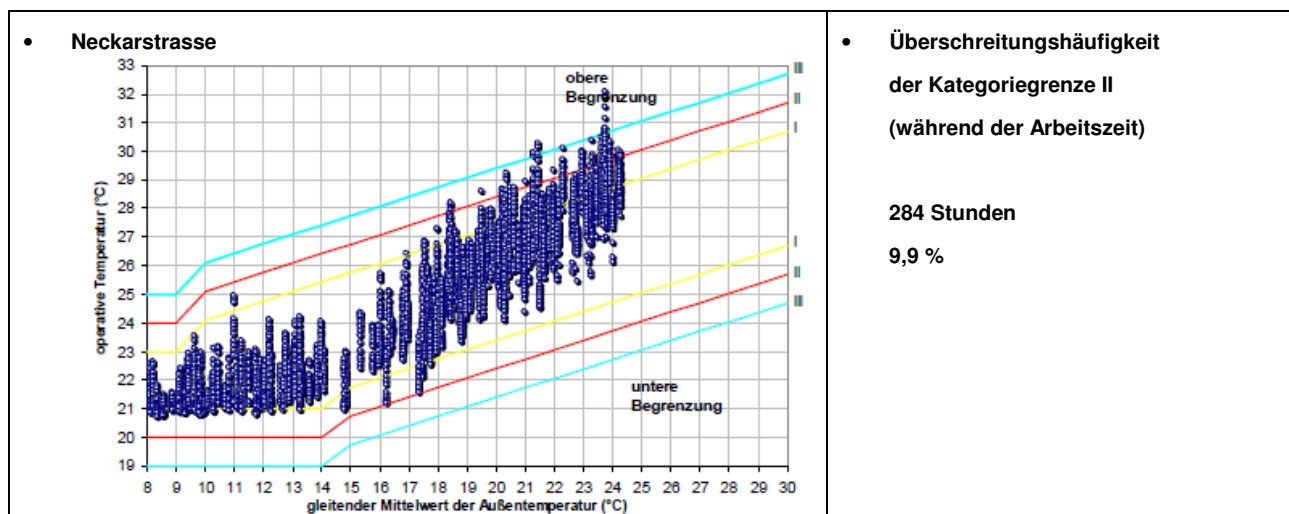


Abbildung 3.16.2.2-1 Überschreitungshäufigkeiten

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Planungsbegleitende thermische Simulationen helfen schon frühzeitig, verschiedene Interessen aufeinander abzustimmen und sollten daher immer durchgeführt werden.
- Für ein langfristig ressourceneffizientes Gebäude ist es sehr wichtig, den späteren Nutzer hinsichtlich seines Einflusses aufzuklären. Dies ist mit Simulationen möglich. Die Nutzerspezifischen Anforderungen können erheblichen Einfluss auf die Planung nehmen.
- Die Simulation sollte als Grundlage für die Entscheidungen zu Kühlsystemen, Sonnenschutz und Beleuchtung herangezogen werden, da sie zu einem sehr frühen Zeitpunkt bereits wesentliche Konsequenzen aufzeigt.
- Es wird empfohlen, dass mit den Ergebnissen einer thermischen Gebäudesimulation ein Nutzerhandbuch erstellt wird.

#### Tageslichtquotienten

Über eine Lichtsimulation kann unter anderem der Tageslichtquotient für einen bedeckten Tag ermittelt werden. Mit diesem kann z. B. das Fassaden- und Beleuchtungskonzept in einem frühen Stadium optimiert werden.

Es zeigt sich bei dieser Art von Simulation, dass auch der Nutzer über die Raumausstattung einen sehr hohen Einfluss auf das Ergebnis hat. Die Ergebnisse der verschiedenen Gebäude sind aufgrund unbekannter Annahmen, wie z. B. der Wandreflexionen oder Berücksichtigung einer Möblierung, nicht direkt vergleichbar.

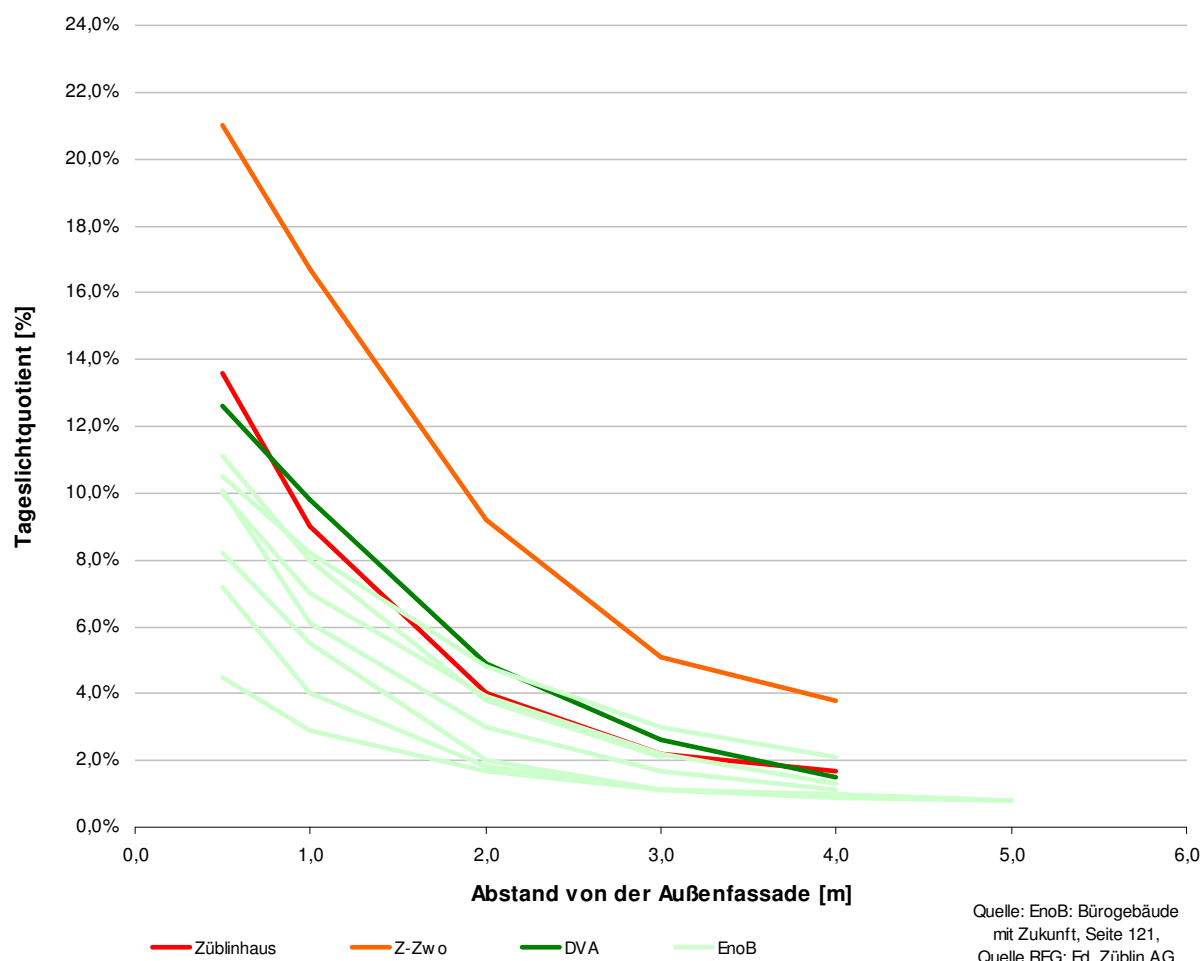


Abbildung 3.16.2.2-2 Tageslichtquotient

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Für zukünftige Projekte sind die grundsätzlichen Annahmen zu den Ergebnissen klar zu dokumentieren
- Eine durchdachte und abgestimmte Lichtplanung kann den Energiebedarf bedeutend reduzieren und gleichzeitig den Nutzerkomfort erhöhen und sollte somit immer durchgeführt werden.
- Ein hoher Fenstersturz ist für eine hohe Tageslichtnutzung immer zu empfehlen

Wetterdaten

Es wurden verschiedene Klimadatenätze hinsichtlich der Eignung für eine thermische Gebäudesimulation bewertet und verglichen. Im speziellen sind dies Daten der Testreferenzjahre des Deutschen Wetterdienstes, mit der Software Meteonorm generierte Daten, Auswertungen des Klimaatlas der Region Stuttgart und eigene Messwerte. Es gibt „normale“ und „extreme“ Datenreihen. In den „extremen“ Klimadaten sind sehr heiße Sommer und sehr kalte Winter berücksichtigt. Es zeigen sich zum Teil starke Abweichungen bei den enthaltenen Temperatur- und Feuchteverläufen. Grund ist meist die unterschiedliche Berücksichtigung des Standorts beziehungsweise dessen differenzierte Korrektur. Speziell die Topographiekorrektur hat einen enormen Einfluss auf das Ergebnis der thermischen Gebäudesimulation z.B. die Schaltheufigkeit des Sonnenschutzes ist hauptsächlich von der direkten Strahlung und somit von dem standortbezogenen Horizont abhängig.

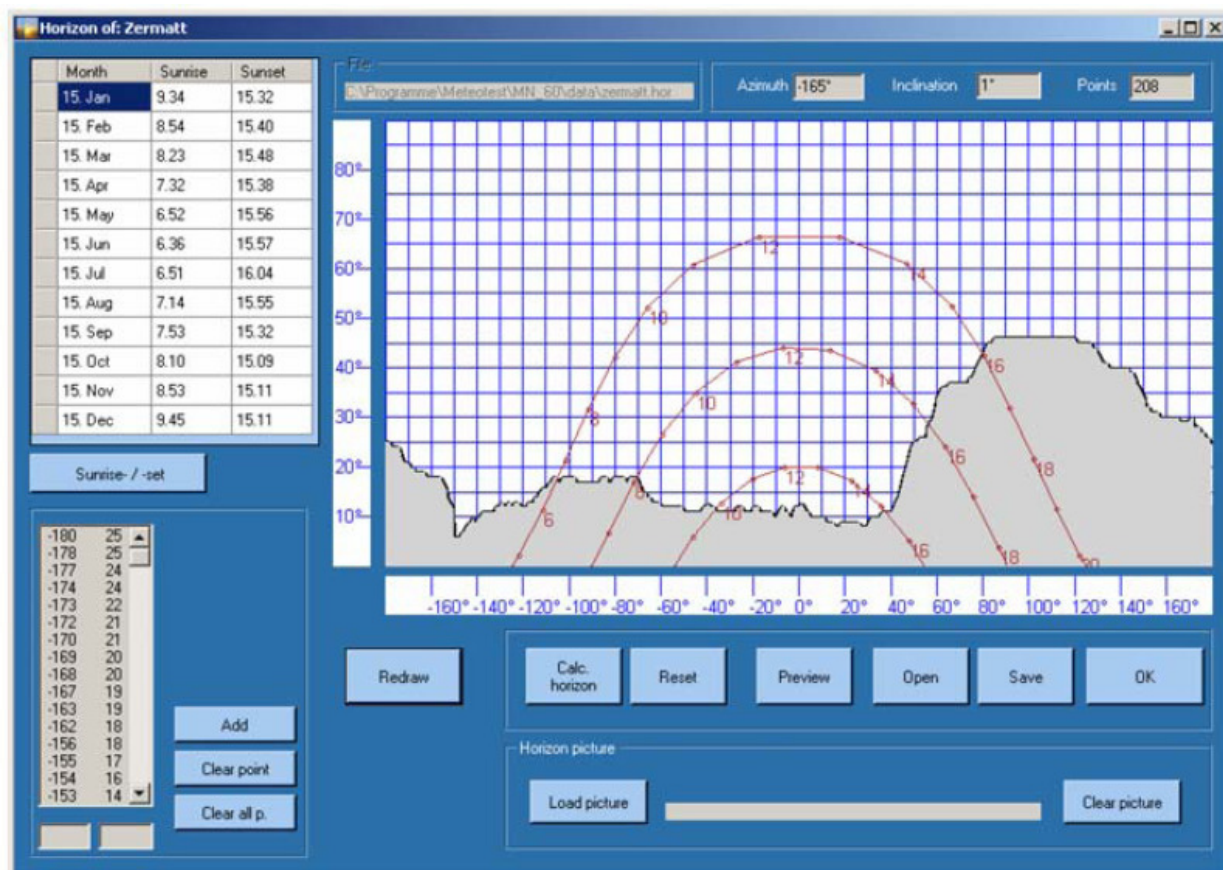


Abbildung 3.16.2.2-3 In Meteonorm erstellter Horizont

In Abbildung 3.16.2.2-3 ist eine reale Skyline eines Standortes dargestellt. Die Software Meteonorm kann mit dieser die realen Sonnenauf- und Sonnenuntergänge und Globalstrahlungswerte errechnen.

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Die Topographie des Standorts muss in die Auswahl der Wetterdaten eingehen
- Für eine thermische Gebäudesimulation zur Untersuchung der Überschreitungshäufigkeit einer definierten Temperaturgrenze wird die Verwendung eines extremen Wetterdatensatz empfohlen
- Um Jahresenergiemengen und Betriebskosten aus einer thermischen Gebäudesimulation abzuleiten, ist die Verwendung von durchschnittlichen Klima-Referenzwerten zielführender
- Es ist notwendig mit dem informierten Bauherrn und dessen Zielen und Wünschen gemeinsam ein Wetterdatensatz festzulegen

**3.16.2.3 Nutzbarkeit der Büroflächen**

In der Gegenüberstellung der REG und EnoB-Gebäude in den beiden folgenden Grafiken wird deutlich, dass sich die Gebäude ähneln. Alle Gebäude legen bei der Bürostruktur den Schwerpunkt auf Zellenbüros. Teilweise werden diese durch Gruppen- bzw. Kombibüros ergänzt. Großräumliche Strukturen sind damit eher selten.

Bei den Verhältnissen von Nutzfläche je Arbeitsplatz und dem Anteil der Nutzfläche an der Nettogrundfläche zeigt sich bei der DVA ein Ausreißer. Dies liegt daran, dass sich durch die beiden als Archivflächen genutzten Unter-geschosse beide Verhältnisse verschieben.

| Projekt      | Nutzung | ZB | GB | KB |
|--------------|---------|----|----|----|
| Züblinhaus   | B       | x  | x  |    |
| Z-Zwo        | B       | x  | x  |    |
| DVA          | B       | x  | x  |    |
| Premino      | B       | x  |    |    |
| Artec-Forum  | B       | x  |    |    |
| D-Kö 92      | B       | x  |    |    |
| Ecotec       | B       | X  |    |    |
| Wagner       | B       | X  | X  |    |
| FhG ISE      | I       | X  |    |    |
| DB Netz      | B       | X  |    | X  |
| GIT          | B       | X  |    |    |
| Lamparter    | B       |    |    | X  |
| NIZ          | S       | X  |    |    |
| SurTec       | P/B     | X  |    |    |
| ZUB          | B       | X  |    |    |
| Pollmeier    | B       |    | X  |    |
| Solvis       | P/B     |    | X  |    |
| KfW          | B       | X  |    |    |
| EnergieForum | B       | X  |    |    |
| EnerGon      | B       | X  | X  |    |
| TMZ          | B       |    | X  |    |
| BOB          | B       | X  |    | X  |
| UBA          | B       | X  |    | X  |
| SIC          | B       | X  | X  | X  |

Quelle : Bürogebäude mit Zukunft, 2007, Seite 11  
Quelle REG: Ed. Züblin AG

B = Bürogebäude  
S = Schule/Hochschule  
I = Institutsgebäude  
P = Produktion  
ZB = Zellenbüro  
GB = Gruppen- und/oder Großraumbüro  
KB = Kombibüro


 REG-Forschungsprojekte: Ed. Züblin AG  
 REG-Forschungsprojekte: Bilfinger Berger Hochbau GmbH  
 EnoB-Forschungsprojekte

Abbildung 3.16.2.3-1 Flexible Raumstrukturen und Nutzungskonzepte

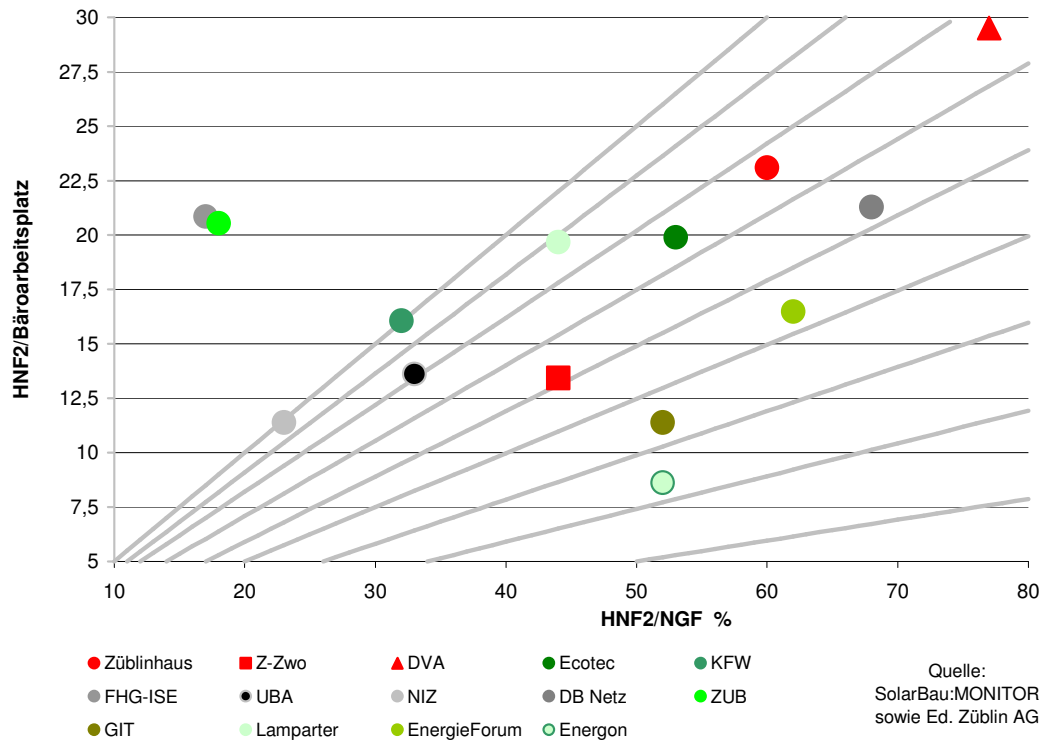


Abbildung 3.16.2.3-2 Flächen- und arbeitsplatzbezogene Wirtschaftlichkeit

### 3.16.2.4 Energetische Status – Energiebedarfsberechnung (EnEV) und Bauphysikalische Qualitäten - Wärmeschutz

Die Forschungsprojekte in der REG - Phase I unterstanden zum Zeitpunkt ihrer Erstellung unterschiedlichen Wärme- bzw. Energieeinsparverordnungen und somit unterschiedlichen Anforderungsprofilen. Dadurch sind die dortigen ermittelten Kennwerte der Gebäude nicht miteinander vergleichbar.

Um die Gebäude auf einen gleichen Stand zu bringen, wurde für sämtliche Bestandsgebäude der Nachweis nach der derzeit aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV2007 [2007-07-24] geführt.

In einem zusätzlichen Kapitel wurde der Wärmeschutz der Gebäudehülle ergänzend untersucht. Zwar kann für die Wärmeschutzqualität eines Gebäudes über alle Bauteile ein vergleichbarer Absolutwert gebildet werden, in der Regel handelt es sich um den Transmissionswärmeverlust  $H_T$  oder um den mittleren U-Wert. Dieser Wert stellt jedoch in erster Linie eine pauschale Orientierung dar, in welchem baulichen Zustand sich das Gebäude bezüglich des Wärmeschutzes befindet.

Eine Bewertung und Einstufung der einzelnen Bauteilkategorien (opake Außenwände, Wände gegen Erdreich, Fensterelemente etc.) wird jedoch mit diesem Absolutwert nicht erreicht.

Mit den Energiebedarfsberechnungen nach EnEV2007 wurden folgende Ziele verfolgt:

- Ermittlung des normativen Energiebedarfs lt. EnEV2007
- Auswertung der Ergebnisse, Basis Anforderungen lt. EnEV2007
- Ermittlung des normativen Energiebedarfs pro Zone, lt. EnEV2007
- Vergleichsstudie des gebäudespezifischen Energiestandards (Primärenergiebedarf-Heizung) von der 1. WSchVO bis EnEV2007
- Vergleich des normativen Energiebedarfs mit Verbrauchskennwerten des Gebäudes
- Ermittlung der Wirkungsbilanzen lt. DGNB

Für den bauphysikalischen Wärmeschutz wurde folgendes Ziel verfolgt:

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der normative, wärmeschutztechnische Istzustand dokumentiert sowie eine Bewertungsmatrix definiert und festgelegt werden, damit die bauteilbezogenen Wärmeschutzkennwerte aller sechs Forschungsvorhaben miteinander vergleichbar werden

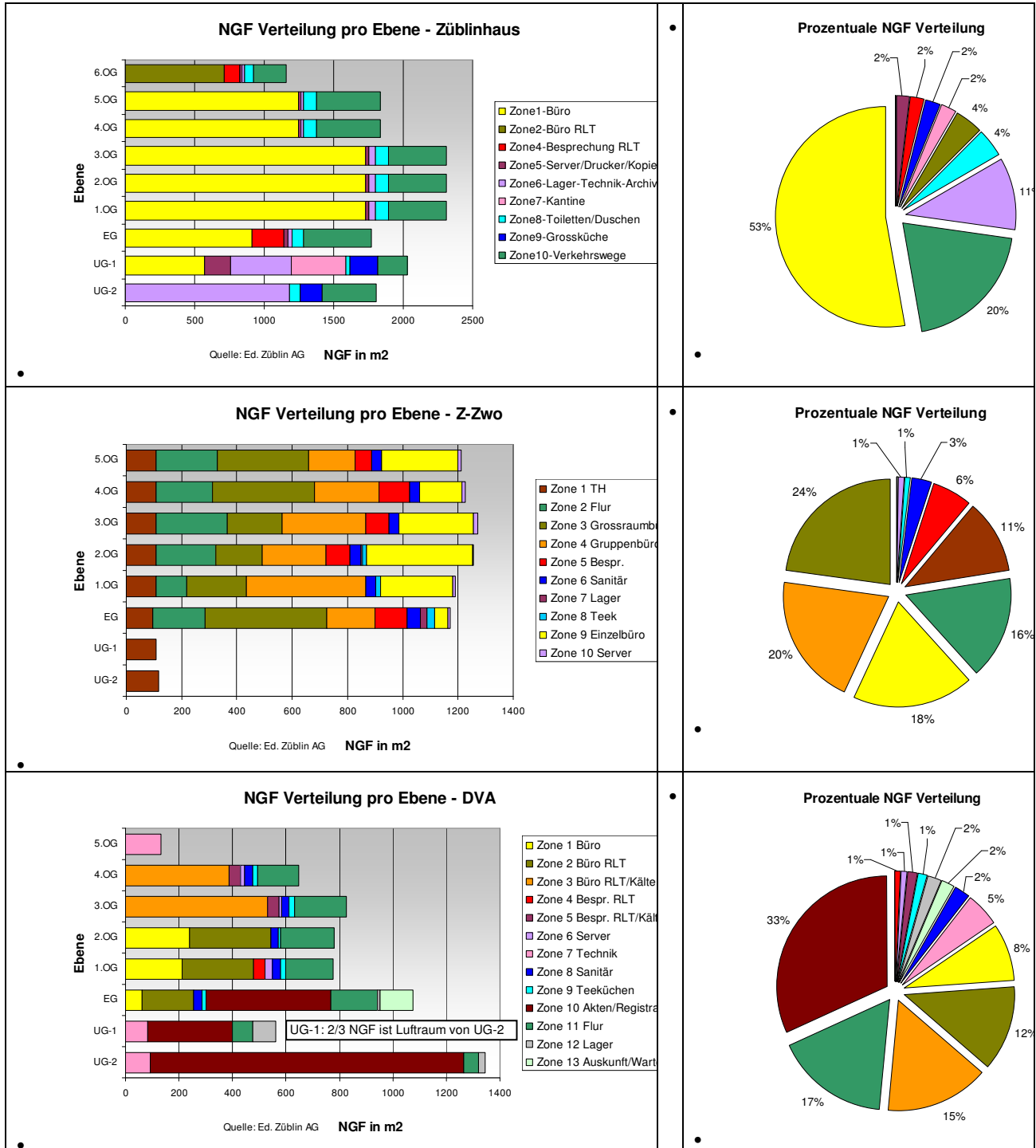
## Ergebnisse

### Vergleich Zonierung

In nachfolgenden Diagrammen werden die prozentualen Verteilungen der Zonierungen, gemäß DIN V 18599, pro REG-Gebäude gegenübergestellt. Der Anteil der Verkehrswege liegt bei allen Gebäuden zwischen 16 und 20%. Beim Züblinhaus sind die kleinen Treppenhäuser im Anteil der Verkehrswege enthalten. Die Haupttreppen befinden sich im unbeheizten Atrium, welches als Fläche nicht in die Berechnung nach DIN V 18599 eingeflossen ist. Beim DVA Gebäude ist der Anteil der Archivräume aufgrund des kleinen Baukörpers markant und beträgt 33 %.



• Zonierung





### Vergleich Primärenergiebedarf

Um die Gebäude auf einen gleichen Stand zu bringen, wurde für sämtliche Bestandsgebäude der Nachweis nach der derzeit aktuellen Energieeinsparverordnung EnEV 2007 [2007-07-24] geführt. Bei allen drei REG-Gebäuden handelt es sich um Bestandsgebäude die im Sinne der EnEV2007 die max. Grenzwerte von Bestandsgebäude erfüllen müssen (140% der Neubauanforderung).

Zum Zeitpunkt der Erstellung unterlagen die drei REG-Gebäude folgenden Anforderungen:

Züblinhaus: 1. WSchVO 1977

Z-Zwo: 3. WSchVO 1995

DVA: EnEV2004, Bauteilverfahren (Sanierung ab EG im Jahr 2006).

Wie nachfolgende Gegenüberstellung zeigt, unterschreiten alle drei REG-Gebäude von Züblin den maximal zulässigen Transmissionswärmeverlust  $H'_T$ .

Das Züblinhaus und das Z-Zwo halten die Anforderungen für einen Neubau ein. Beim Züblinhaus wird dies nur durch den positiven Ansatz des Reduktionsfaktors  $f_x = 0,5$  für die Fassadenflächen zum nicht beheizten Atrium erreicht.

Das DVA erfüllt nur die Anforderungen eines Bestandsgebäudes, da die Untergeschosse im Zuge der Sanierung nicht wärmetechnisch verbessert wurden; eine typische ökonomische Vorgehensweise im Sinne des Bauteilverfahrens nach EnEV bzw. WSchVO, obwohl die Archivräume im UG beheizt werden und eine Dämmung der UG-Wände energetisch sinnvoll gewesen wäre.

Die Einhaltung des zulässigen Jahresprimärenergiebedarfs als Neubau wird sowohl vom Z-Zwo als auch von der DVA erfüllt. Dies resultiert allein beim Z-Zwo aus der verbesserten Beleuchtung mit Präsenzschtaltung und bei der DVA aus der Nutzung von Fernwärme.

Das Züblinhaus überschreitet aufgrund seiner Erstellung im Zeitraum 1983-1984 den zulässigen Jahresprimärenergiebedarf als Bestandsgebäude um 3,8 %.

Siehe hierzu näheres in den Kapiteln 3.5.2.2, 3.5.3.2 und 3.5.4.2.

| Anforderung           | Ist-Zustand<br><b>Züblinhaus</b><br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau)  | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt   |
|-----------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>H<sub>T</sub>'</b> | 1,10 W/m <sup>2</sup> K                               | 1,24 W/m <sup>2</sup> K     | 1,73 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt (Neubau)</b> |
| <b>Q<sub>P</sub></b>  | 359,70 kWh/m <sup>2</sup> a                           | 247,30 kWh/m <sup>2</sup> a | 346,20 kWh/m <sup>2</sup> a         | <b>nicht erfüllt</b>    |

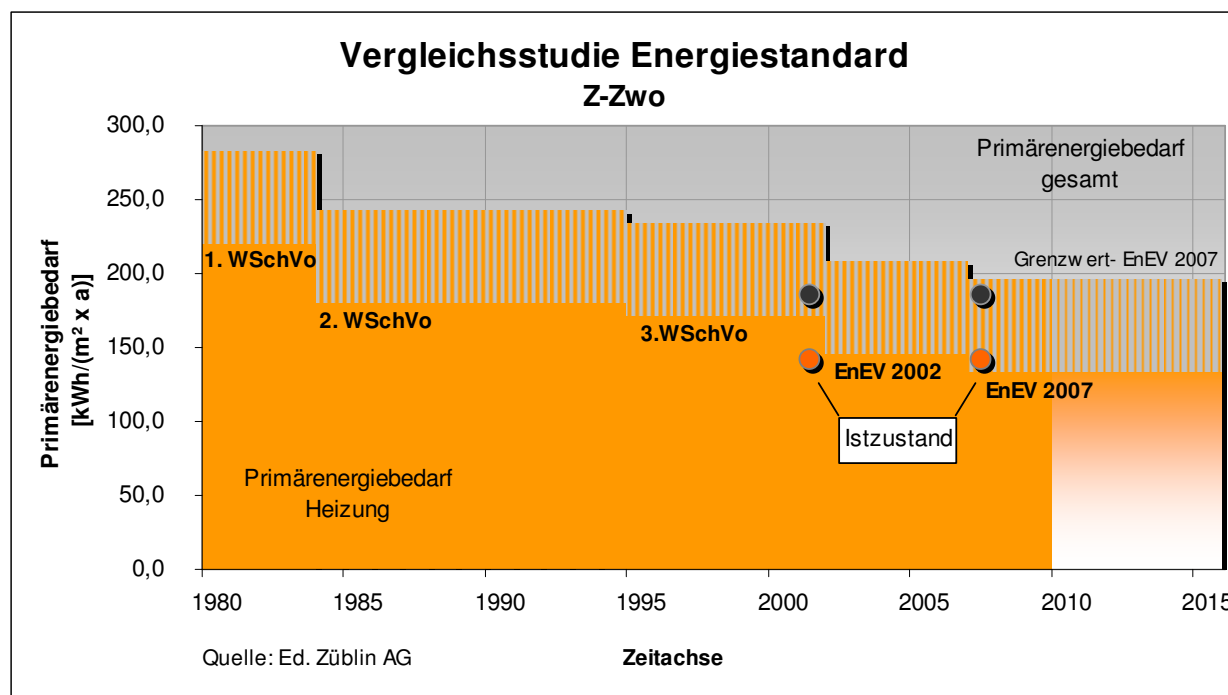
| Anforderung           | Ist-Zustand <b>Z-Zwo</b><br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau)  | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt   |
|-----------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| <b>H<sub>T</sub>'</b> | 0,93 W/m <sup>2</sup> K                       | 1,25 W/m <sup>2</sup> K     | 1,75 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt (Neubau)</b> |
| <b>Q<sub>P</sub></b>  | 185,01 kWh/m <sup>2</sup> a                   | 196,47 kWh/m <sup>2</sup> a | 275,06 kWh/m <sup>2</sup> a         | <b>erfüllt (Neubau)</b> |

| Anforderung           | Ist-Zustand <b>DVA</b><br>(Bestandsgebäude) | max. Grenzwert<br>(Neubau) | max. Grenzwert<br>(Bestandsgebäude) | erfüllt/nicht erfüllt                |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>H<sub>T</sub>'</b> | 0,84 W/m <sup>2</sup> K                     | 0,80 W/m <sup>2</sup> K    | 1,12 W/m <sup>2</sup> K             | <b>erfüllt<br/>(Bestandsgebäude)</b> |
| <b>Q<sub>P</sub></b>  | 175,9 kWh/m <sup>2</sup> a                  | 178,4 kWh/m <sup>2</sup> a | 249,8 kWh/m <sup>2</sup> a          | <b>erfüllt (Neubau)</b>              |

Für die EnoB-Gebäude (Erstellungsjahre 1998 bis 2005) liegen keine Berechnungen nach EnEV2007 vor, sodass hinsichtlich der Energiebedarfsberechnungen kein Vergleich mit den REG-Gebäuden möglich ist

Vergleich: Vergleichsstudie Z-Zwo von der 1. WSchVO bis EnEV2007

Für das Z-Zwo wurde exemplarisch in einer Vergleichsstudie die Berechnungen nach DIN V 18599 [2007-02] in den Zeiträumen der vorherigen Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen von 1977, 1982, 1995 und 2002 nachgefahren, um die tatsächlichen Energiesparpotentiale (Jahresprimärenergiebedarf) von einer Verordnung zur nächsten Verordnung für ein Nichtwohngebäuden nachzuvollziehen. Generell werden Energieeinsparpotentiale von -30% prognostiziert und veröffentlicht. In nachfolgender Abbildung sind die Ergebnisse dargestellt. Die Berechnungen können die pauschalieren, publizierten Verbesserungspotentiale des Primärenergiebedarfs „Heizung“ von - 30% zwischen 2 Verordnungen für das Gebäude Z-Zwo nicht bestätigen.



3.16.2.4.- 1: Vergleichsstudie Energiestandard - Nichtwohngebäude, Bsp. Z-Zwo

Die Verbesserungspotentiale für den „Primärenergiebedarf Heizung“ liegen:

- zwischen 1. / 2. WSchVo sowie 3. WSchVO / EnEV 2002 bei 15 und 18 %
- zwischen 2. WSchVo / 3. WSchVo sowie EnEV 2002 / EnEV 2007 bei 5...8 %.

Beim „Gesamt-Primärenergiebedarf“ sinken die Prozentwerte auf 11 bis 14 % und 3 bis 6 % ab.

Siehe hierzu im Kapitel 3.5.5.

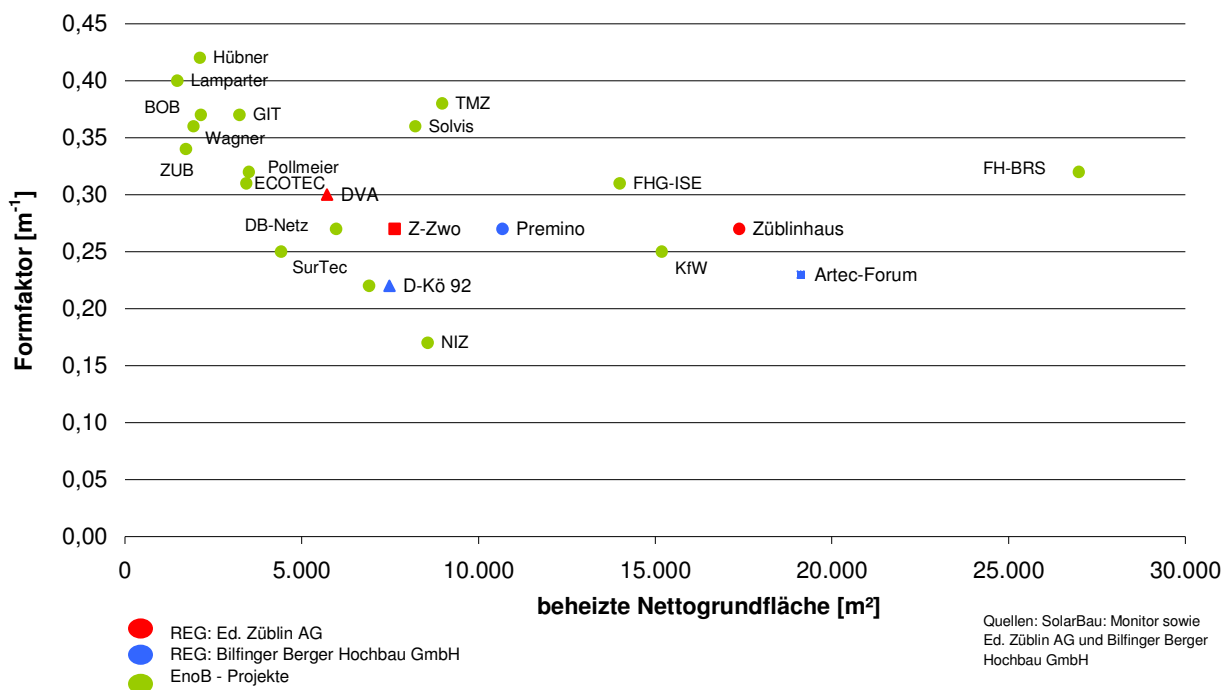
Vergleich: Nettogrundflächen mit Formfaktoren der Gebäudehüllen

Je kleiner die beheizte Gebäudehülle bei vorgegebenem umbauten Volumen bzw. vorgegebener Nutzfläche, desto geringer wird der Wärmeverlust und damit der Heizwärmebedarf über die Gebäudehülle.

Die Formfaktoren der untersuchten EnoB-Projekte als Funktion der beheizten Nettogrundfläche sind in nachfolgender Abbildung dargestellt. Die Abbildung wurde um die REG-Projekte ergänzt.

„Mit zunehmender Gebäudegröße sinkt der Formfaktor, dabei ist zu beachten, dass bei nutzungsbedingt großen Raumhöhen (zum Beispiel Hübner, Solvis, FhG-ISE, SurTec) verhältnismäßig kleine Nutzflächen pro Volumen erreicht werden.“ [Bürogebäude mit Zukunft, 2007, Seite 54, Bild 4.1.1-4].

Die hohe beheizte Nettogrundfläche des Züblinhauses wird mit der Trennung der beiden Gebäudespannen durch das unbeheizte Atrium erreicht.



3.16.2.4.- 2: Formfaktoren der EnoB – Projekte mit den REG – Projekten als Funktion der beheizten NGF

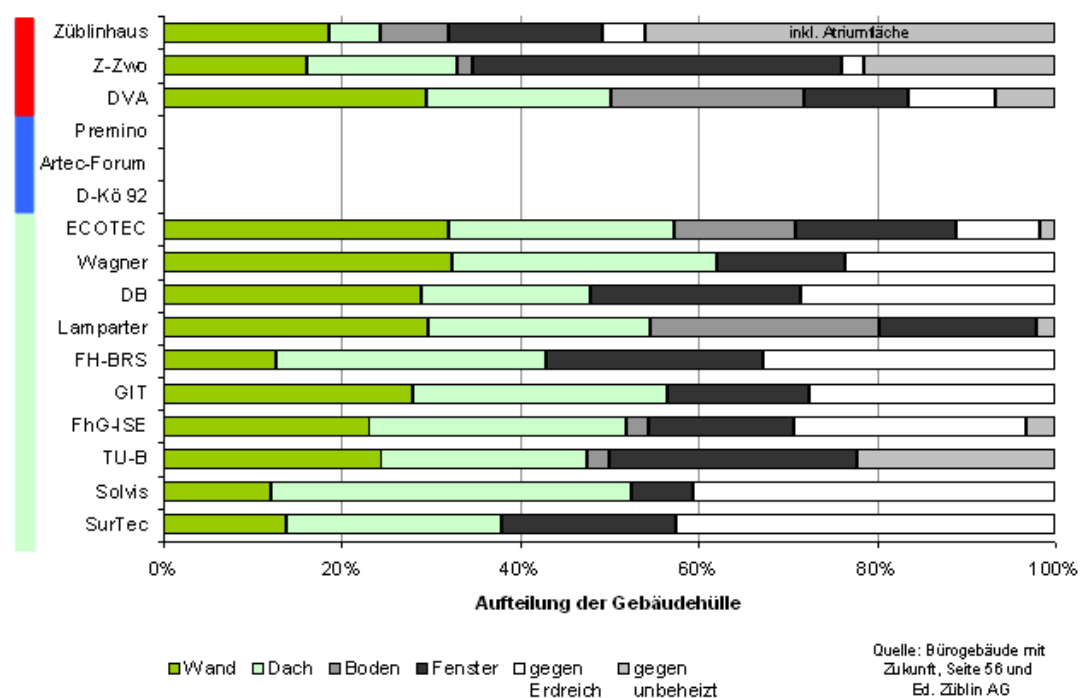
Vergleich: Prozentualer Anteil der Gebäudehüllenflächen und ihre Anteile am Transmissionswärmeverlust

Nachfolgende zwei Abbildungen stellen die prozentuale Aufteilung der Gebäudehülle und der Transmissionswärmeverluste pro Bauteil gegenüber.

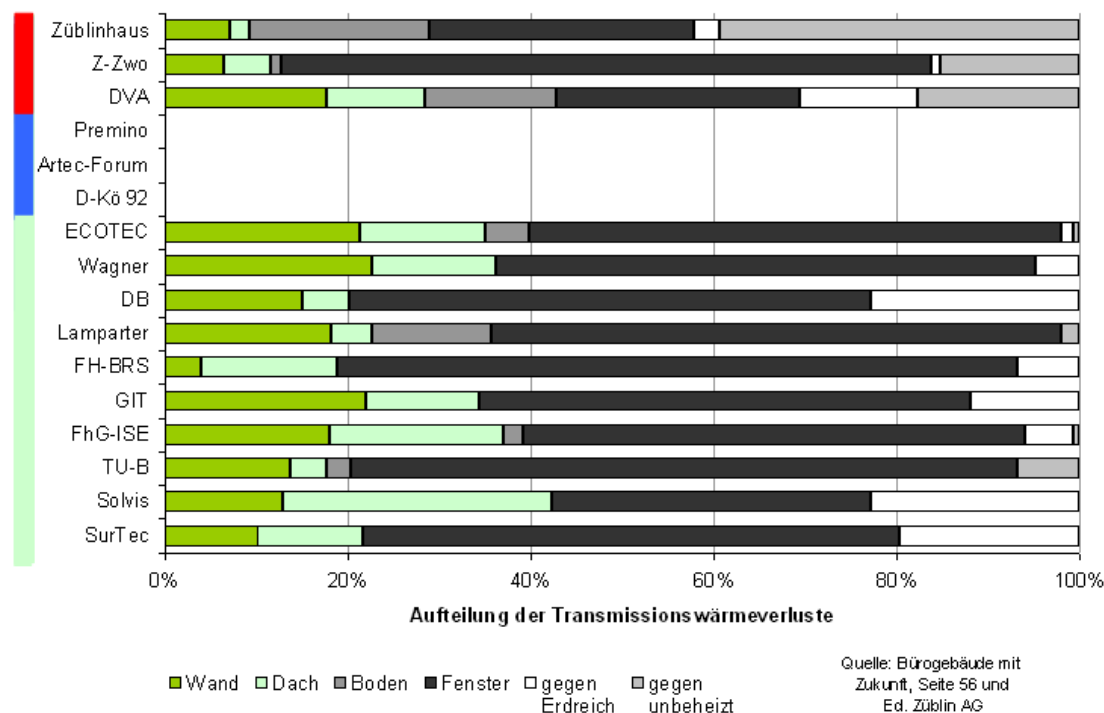
Bei den EnoB-Projekten liegen die prozentualen Fensterflächenanteile maßvoll, dennoch dominieren die Wärmeverluste über die Fenster, trotz guter Wärmedämmung der Verglasung.

Beim Z-Zwo Gebäude dominieren die Fenster sowohl bei der prozentualen Aufteilung der Gebäudehülle als auch bei der prozentualen Aufteilung der Transmissionswärmeverluste.

In der Fläche „gegen unbeheizte Räume“ des Züblinhauses sind ebenfalls die Fensterflächen zum Atrium enthalten. Bedingt durch den ansetzbaren Reduktionsfaktor zu unbeheizten Räumen, fällt der Anteil am Transmissionswärmeverlust über die Fensterflächen, trotz sehr schlechtem  $U_w$ -Wert (2,60 W/m<sup>2</sup>K), geringer aus als bei den Vergleichsgebäuden.



3.16.2.4.- 3: Prozentuale Aufteilung Gebäudehülle für einige EnoB-Projekte im Vergleich mit REG-Projekten

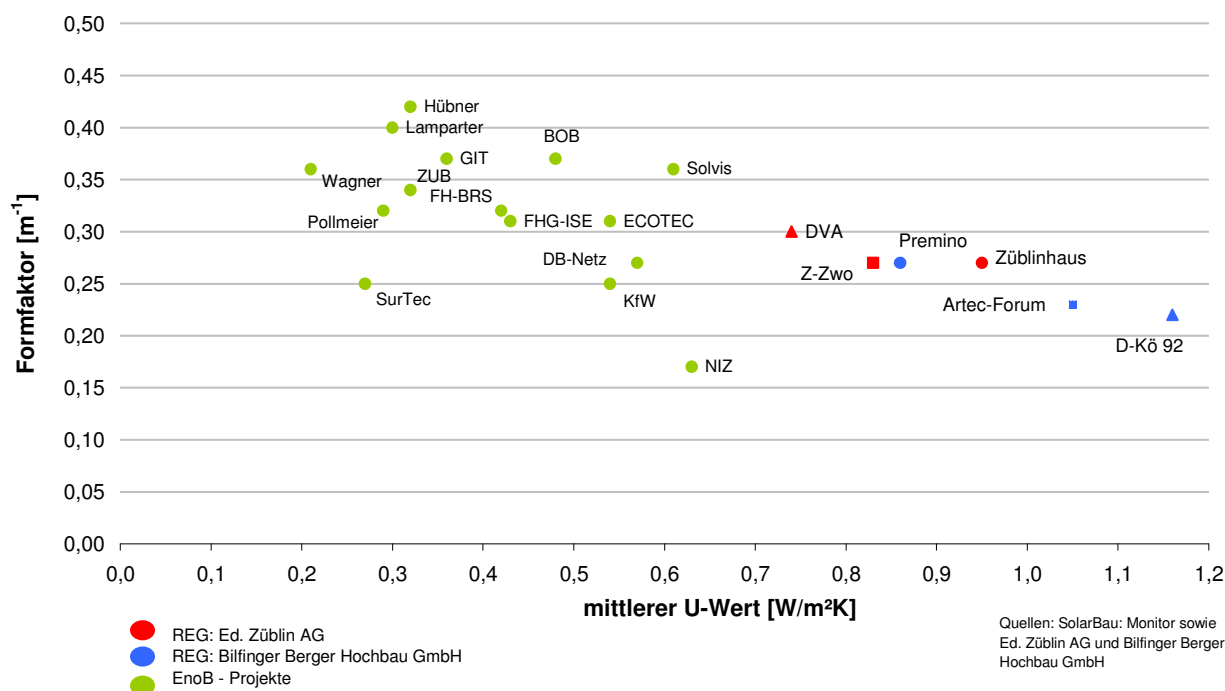


3.16.2.4.- 4: Prozentuale Aufteilung Transmissionswärmeverluste einiger EnoB-Projekte und REG-Projekte

Vergleich: mittlere U-Wert mit Formfaktoren der Gebäudehüllen

Nachfolgendes Vergleichsdiagramm zeigt den mittleren U-Wert der Gebäude, ohne Wärmebrückenzuschlag, im Verhältnis zum gebäudespezifischen Formfaktor. „Besonders niedrige Transmissionswärmeverluste erzielen diejenigen EnoB-Gebäude, die niedrige U-Werte mit hoher Kompaktheit verbinden. Beispiele sind die Gebäude Wagner und SurTec. Beim NIZ kann der vergleichsweise mäßige Wärmeschutz durch einen guten Formfaktor wettgemacht werden.“ [Bürogebäude mit Zukunft, 2007, Seite57, Bild 4.1.2-2 ].

Bei allen REG-Projekten liegen gute Formfaktoren vor. Die mittleren U-Werte weisen jedoch wesentlich schlechtere mittlere U-Werte aus als die EnoB-Gebäude. Auch bei den Projekten, die zeitlich später als die EnoB-Projekte erbaut wurden. Ursachen liegen am hohen Fensterflächenanteil (z.B. Z-Zwo: 70 %) mit bekanntlich schlechteren U-Werten als bei opaken Außenflächen. Der mittlere U-Wert des Züblinhauses aus dem Jahr 1985 wird nur durch die Fassadenanbindung an das Atrium erreicht (Reduktionsfaktor: 0,5).



3.16.2.4.- 5: Mittlerer U-Wert Gebäudehülle und Formfaktoren, EnoB-Projekte im Vergleich mit REG-Projekte

Um die Entwicklung der einzelnen Wärmeschutz- bzw. Energieeinsparverordnungen aufzuzeigen, wurden für die drei Züblin-Gebäude die Berechnungen nach allen Verordnungen (1. WSchVo bis EnEV2007) durchgeführt.

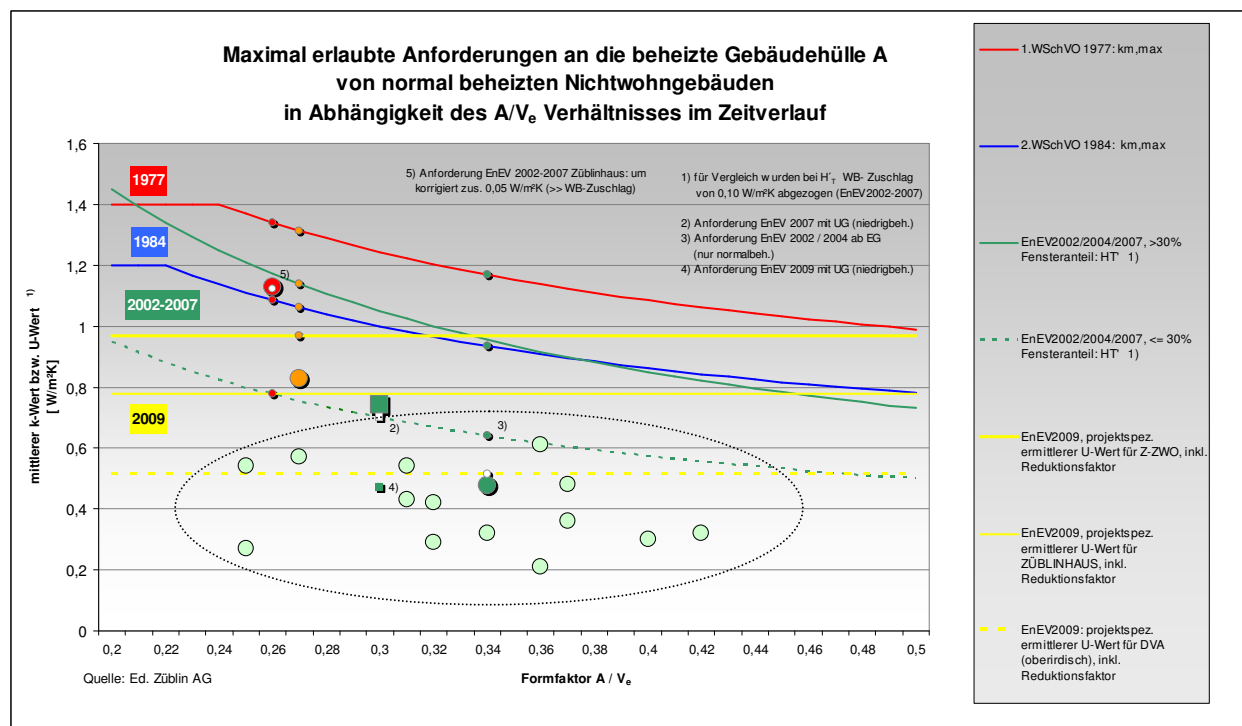
Die nachfolgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der Grenzwerte des Transmissionswärmeverlustes der jeweiligen Wärmeschutzverordnungen bzw. Energieeinsparverordnungen.

Die Grenzwerte von  $H'_T$  sind bis zur Energieeinsparverordnung 2007 abhängig von dem Verhältnis  $A/V_e$ , werden aber mit der Novellierung EnEV 2009 starr, d.h. unabhängig von diesem Verhältnis.

Mit der Energieeinsparverordnung 2002 kam zudem noch der Faktor des Wärmebrückenzuschlags hinzu. Dieser wurde jedoch in der folgenden Abbildung bei den Ist-Werten der Gebäude und Anforderungskurven „EnEV 2002-2007“ abgezogen, um die Werte mit den Anforderungen der 1. und 2. WSchVo sowie EnEV 2009 (ohne Wärmebrückenzuschläge) vergleichen zu können.

In nachfolgender Abbildung sind die Ergebnisse der drei REG-Gebäude (Züblin) dargestellt.

Ergänzt wird die Abbildung um die Ergebnisse der EnoB-Projekte.



- Züblinhaus
- Z-Zwo
- DVA
- EnoB-Projekte

3.16.2.4.- 6: Entwicklung der zeitlichen Anforderung an die Gebäudehülle - REG-Projekte (Züblin) mit EnoB-Projekte

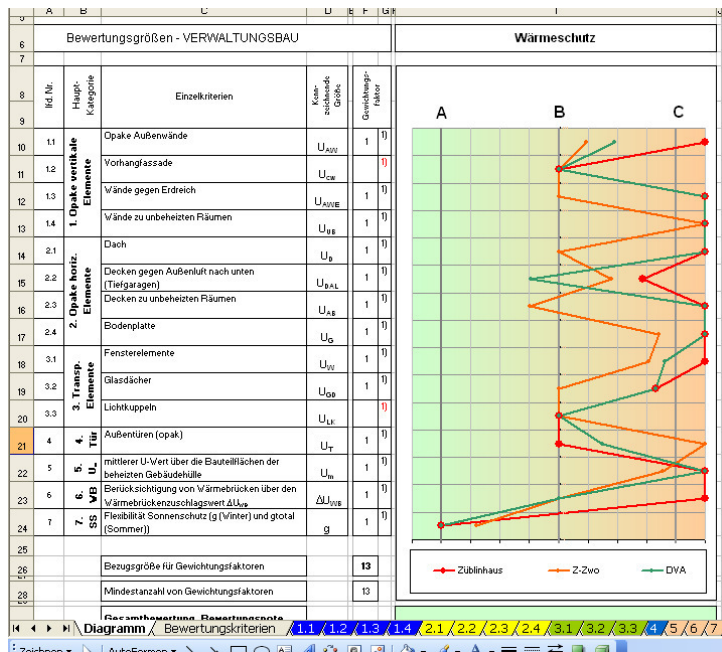
Der Vergleich zeigt, dass sämtliche EnoB-Projekte weit unterhalb aller Anforderungen bis EnEV2009 liegen.

Von den drei REG-Projekten hält das Z-Zwo ebenfalls die Anforderungen bis EnEV2009 ein. Das günstige  $A/V_e$  Verhältnis und die gute Bauteildämmungen sorgen dafür, dass die Anforderung an den Transmissionswärmeverlust bis heute erfüllt wird.

Die wesentliche Ursache liegt jedoch daran, dass seit Einführung der Energieeinsparverordnung 2002 [2001-11] die Anforderungen an die Gebäudehülle für Gebäude mit einem Fensterflächenanteil  $\geq 30\%$  entschärft wurden (Fassaden-Lobby). Daher liegt die Anforderungskurve der 2. WSchVO aus dem Jahr 1984 niedriger als die Anforderungskurve für EnEV 2002 / 2004 / 2007 ( $A/V_e < 0,35$ ). Dies hat sich auch nach Einführung der EnEV2009 nicht unwesentlich geändert.

Dieser wurde hier für die opaken Außenbauteile sowie die Fensterflächen gebäudespezifisch berechnet und gemäß den Flächenanteilen und Reduktionsfaktoren ermittelt. Da diese Nebenanforderung im Vergleich zu den Anforderungen nach der EnEV 2007 relativ niedrig





gehalten ist (für opake Außenbauteile  $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , für transparente Außenbauteile  $U = 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), erfüllt das Z-Zwo auch die kommende Energieeinsparverordnung in seiner Nebenanforderung für den mittleren U-Wert.

Siehe hierzu näheres in den Kapiteln 3.5.2.2, 3.5.3.2 und 3.5.4.2.

Ähnlich wie die Bewertungskurve „Schallschutz“ wurde für den Wärmeschutz eine Bewertungstabelle erstellt.

Für die Bewertungsmatrix wurden folgende wesentlichen Zielsetzungen mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken
- als Bewertungskriterium der U-Werte sollen bereits die Kenndaten aus dem Referenzgebäude der EnEV2009 herangezogen werden
- Konzentration der Bewertung auf U-Werte und Flexibilität des statischen Sonnenschutzes
- die Flexibilität des Sonnenschutzes innerhalb der Winterphase (g-Wert) und Sommerphase ( $g_{total}$ )
- Gesamtbewertung

Nähere Inhalte sind dem Kapitel 3.7 zu entnehmen.

In nachfolgender Abbildung ist die mit Bilfinger und Berger festgelegte Bewertungskurve mit den dazugehörigen Register Datenblättern 1.1 bis 7 grafisch abgebildet.

3.16.2.4.- 7: Bewertungstabelle für Wärmeschutz (Z-Zwo), Basis Schallschutzbewertungskurve, in Abstimmung mit Bilfinger und Berger

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Der maximal zulässige Primärenergiebedarf eines Gebäudes hängt immer von den festgelegten Randbedingungen des Referenzgebäudes nach aktuell gültiger

Energieeinsparung ab. Generell werden von der Regierung zwischen 2 Energieeinsparverordnungen Energieeinsparpotentiale von -30% prognostiziert und veröffentlicht.

- Der erforderliche Primärenergiebedarf eines Neubaus nach EnEV ist um 30% zu unterschreiten. Damit wird das Gebäude die 2 nachfolgenden Energieeinsparverordnungen, als Bestandsgebäude eingestuft, einhalten.
- Die Vergleichsstudie von Z-Zwo hat gezeigt, dass das tatsächliche Einsparpotential zwischen zwei Verordnungen < 15% ist. Bewahrheitet sich diese Studie, so wird das Gebäude sogar die nächsten 3 statt 2 nachfolgenden Energieeinsparverordnungen einhalten.
- Die Planung „veralteter“ TGA - Geräte sind zu vermeiden
- Der Stromenergieverbrauch von EDV-Anlagen müssen stärker in Fokus treten und ergänzend zum EnEV - Nachweis bewertet werden
- Basierend auf den Formfaktor von 0,27 eines typischen Nichtwohngebäudes ist ein mittlerer U-Wert der Gebäudehülle von  $\leq 0,40$  bis  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Berücksichtigung des Wärmebrückenzuschlags) anzustreben. Ausgehend von einem Fensterflächenanteil zwischen 50 und 70%.
- Der Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} \leq 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  ist zu berücksichtigen, siehe hierzu Kapitel „Wärmebrücken“.
- Wird bei einer Kernsanierung die Gebäudehülle ab EG zu 80 - 100 % revitalisiert, so sind die Bauteile von beheizten Räumen im UG ebenfalls verpflichtend wärmetechnisch aufzustocken, auch wenn dies lt. Energieeinsparverordnung „Bauteilverfahren“ nicht erforderlich ist.

Für die EnoB-Gebäude (Erstellungsjahre 1998 bis 2005) liegen keine Berechnungen nach EnEV2007 vor, sodass hinsichtlich der Energiebedarfsberechnungen kein Vergleich mit den REG-Gebäuden möglich ist.

### **3.16.2.5 Ökobilanzierung**

Um die Forschungsprojekte in ökologischer Hinsicht beurteilen zu können, wurde das Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt beauftragt eine ökologische Untersuchung mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach [DIN EN ISO 14040:2006-10] und [DIN EN ISO 14044:2006-10] für alle Forschungsprojekte in der REG - Phase I zu erstellen.

Das Hauptziel ist, die unterschiedlichen, ökologischen Einflüsse der einzelnen Gewerke und Bauteilschichten in Abhängigkeit Ihre Baustoffmassenanteile festzustellen, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht zu finden.

Folgende Arbeitsschritte werden verfolgt:

- Ermittlung der Baustoffmengen und ihrer Gewichtsanteile zur Gesamtbaustoffmasse des Gebäudes
- Gliederung der Baustoffe nach Gewerken bzw. Hauptmaterialgruppen
- Auswertung der vom Institut Massivbau der Technischen Universität Darmstadt ermittelten Ökobilanzierungen
- Feststellung der ökologischen Gewichtsanteile pro Bauteilkategorie und Bauteilschichten sowie Findung von Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht
- Vergleich der Einzelkennwerte K (Bauwerk) und N (Betrieb) der ökologischen Steckbriefe 1-5, 10+11 mit Findung eines weiteren Bewertungsschemas für alle Gebäude
- Anbindung der ökologischen Aussagen mit dem Projektkenndatenblatt (Herstellkosten) der Ed. Züblin AG, um Optimierungspotentiale in ökologischer Hinsicht unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit zu finden
- Festlegung der erforderlichen Arbeitsschritte, um eine automatische Ökobilanzierung im Zuge der Arriba - basierenden Kalkulation zu erreichen.

Für das Z-Zwo wurden Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung massenmäßig erfasst und mit in Datenbanken vorhandenen Ökobilanzierungsäquivalenten auf ihre Umweltverträglichkeit hin untersucht. Leider gibt es bisher nur unzureichend gefüllte Datenbanken, so dass eine praxisnahe und ingenieurgerechte Bearbeitung nicht erfolgen kann. Für die beiden anderen Züblin - Forschungsprojekte (Züblinhaus und DVA) wurde daher der Versuch verworfen die TGA - Materialien in die Ökobilanzierung mit aufzunehmen, da es sich um ältere Bestandsgebäude handelt und Massen und Materialqualitäten in Leistungsbeschreibungen nicht ausreichend genau zu bestimmen waren.

Daher konzentrieren sich die Auswertungen nur auf die Ökobilanzierung der Baukonstruktion.

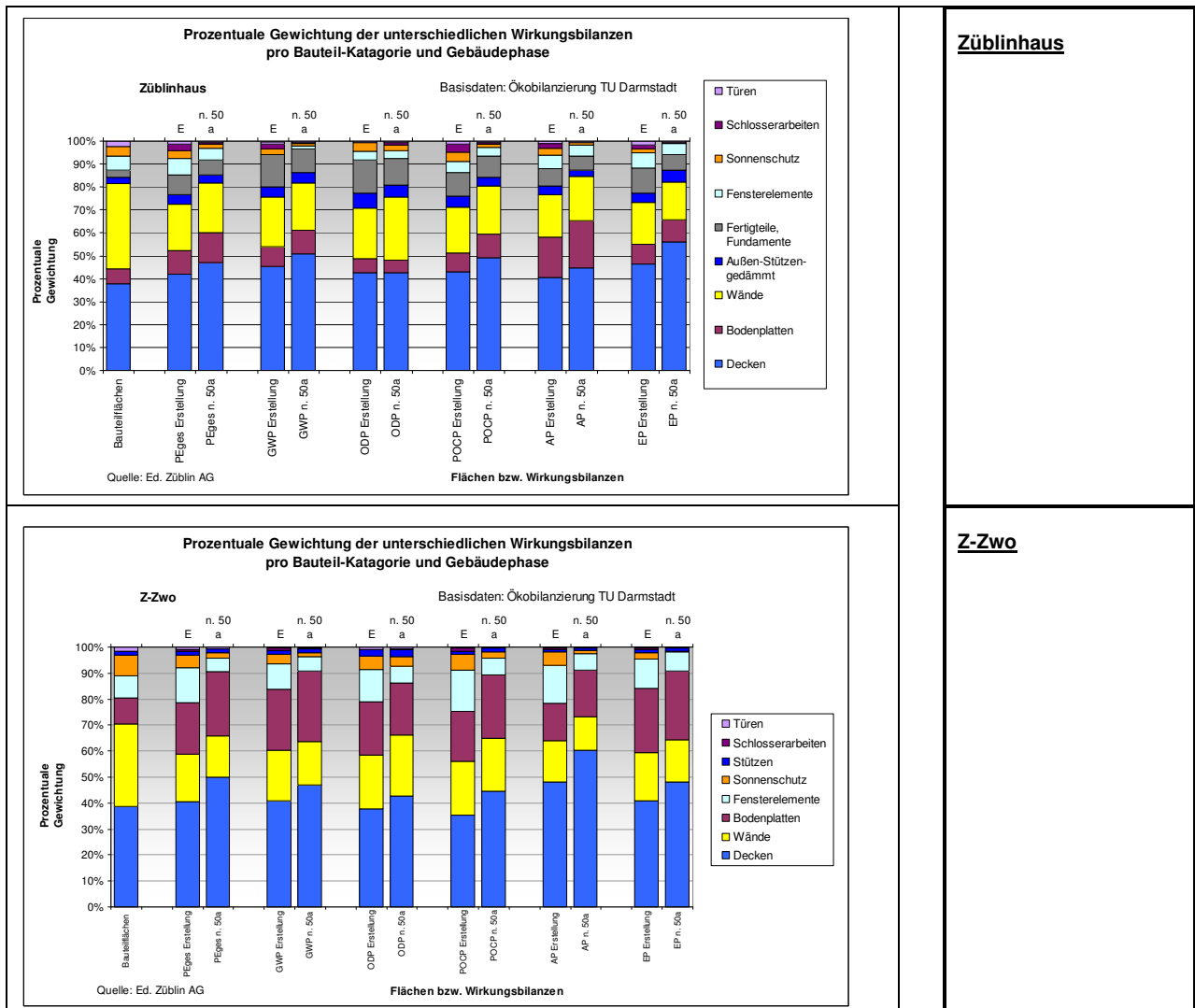
#### Ergebnisse TU-Darmstadt: Wirkungsbilanzen im Erstellungsjahr und nach 50 Jahren

Die TU Darmstadt hat pro REG-Gebäude eine Ökobilanzierung auf Basis gemeinsam festgelegter Bauteile durchgeführt. In nachfolgenden Abbildungen sind deren Ergebnisse pro Kriterium, Bauteilkategorie und Zeitphase im Erstellungsjahr E und nach dem angesetzten Lebenszyklus nach 50 Jahren (nach 50 a) zusammengestellt. Dabei sind die Prozentualanteile der Einzelwerte dem jeweiligen Gesamtwert (100 %) gegenübergestellt.

Die Auswertungen zeigen, dass bei allen Wirkungsbilanzen nach 50 Jahren Gebäudenutzung die Bauteile Decken, Wände und Bodenplatten den größten Gesamtanteil von ca. 85-90%

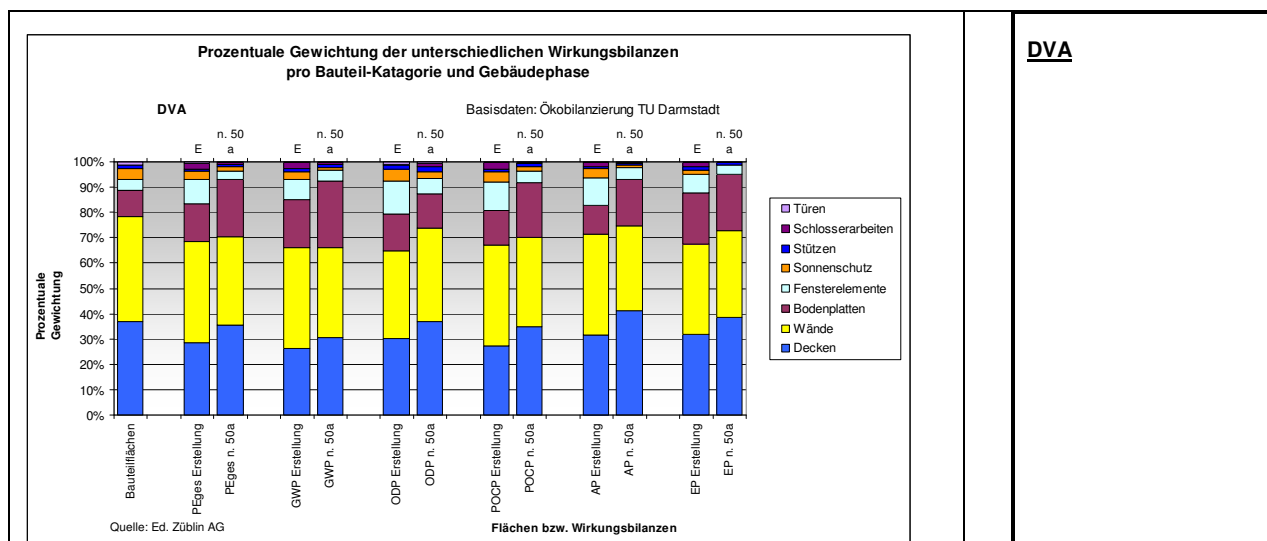
halten. Beim Züblinhaus müssen die Fertigteile und Fundamente (grau) zu o.g. Bauteilen hinzugezählt werden.

Die Auswertungen beim Z-Zwo zeigen, dass die Bodenplatten im 2. UG und 1. UG (lila) direkt nach den Decken den größten Anteil an den Wirkungsbilanzen einnehmen.



Züblinhaus

Z-Zwo



DVA

Ergebnisse: Weiterführende Auswertungen der Ökobilanzierung durch Ed. Züblin AG

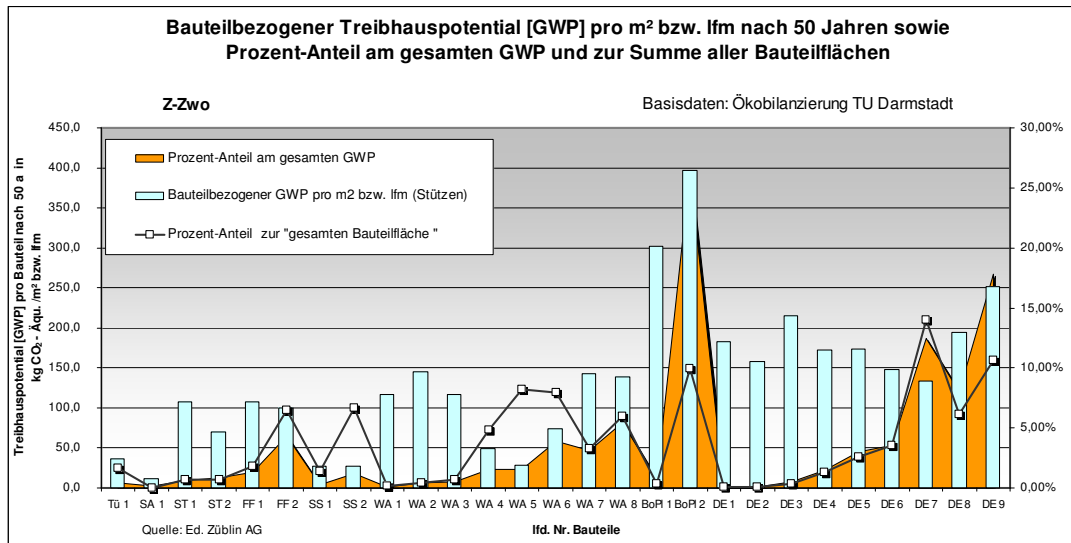
Die absoluten Gesamtergebnisse der TU Darmstadt wurden von der Ed. Züblin AG weiter ausgewertet, um u.a.

- die unterschiedlichen Gewichtungsanteile pro Bauteil, pro Gewerk und Wirkungsbilanz,
- und um die erreichbaren Punktbewertungen im Sinne der DGNB-Zertifizierung festzustellen.

Nachfolgendes Balkendiagramm zeigt pro Bauteil am Beispiel Z-Zwo und der Wirkungsbilanz GWP (Treibhauspotential) die prozentualen Anteile zur Gesamtsumme GWP (Treibhauspotential) und zur Gesamtfläche aller Bauteile. Die Balken stellen den gebäudeunabhängigen GWP-Wert pro Bauteil nach 50 Jahren dar.

Liegt der prozentuale Anteil „GWP“ bei einem Bauteil höher als der prozentuale Anteil „Fläche“, so kann davon ausgegangen werden, dass die Wirkungsbilanz bei diesem Bauteil im Vergleich zum Gesamtgebäude ungünstig ist und ggf. das höchste Optimierungspotential aufweist.

Durch den zusätzlichen Vergleich der Balkenlängen mit ähnlichen Bauteilaufbauten kann bei starken Differenzen schnell analysiert werden, ob Berechnungs-/Eingabefehler vorliegen oder andere Ursachen maßgeblich für diese Differenz sein können, z.B. eine ökologisch ungünstige Bauteilschicht.



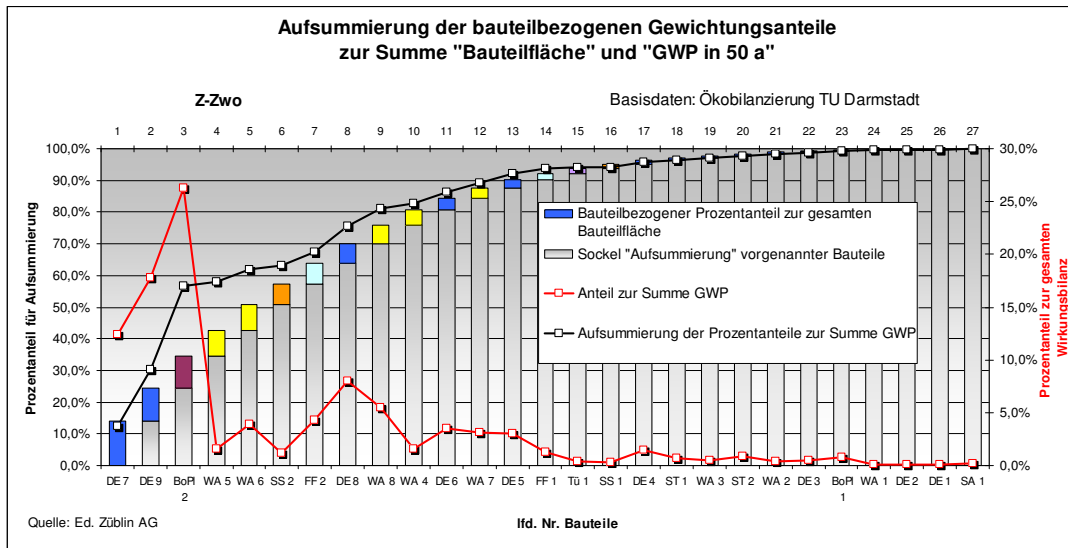
3.16.2.5.- 1:: Auszug aus dem Vergleich der ökologischen Auswirkungen pro Bauteilfläche/-länge nach 50 a zum gebäudespezifischen Prozentualanteil am Gesamtergebnisse bzw. zur Summe aller Bauteilflächen

Die Auswertungen sind dem Kapitel 3.6 „Ökobilanzierung“ und den dazugehörigen Anlagen zu entnehmen.

In nachfolgender Abbildung werden am Beispiel Z-Zwo und der Wirkungsbilanz GWP die prozentualen Anteile der einzelnen Bauteile zur Gesamtbauteilfläche und zum Gesamt GWP gegenübergestellt und aufsummiert.

Mit Hilfe dieser Aufsummiierung kann ein Zusammenhang festgestellt werden, wie viel Bauteile tatsächlich erforderlich sind, um einen bestimmten Genauigkeitsgrad bei der Ermittlung von Ökobilanzierungen zu erreichen.

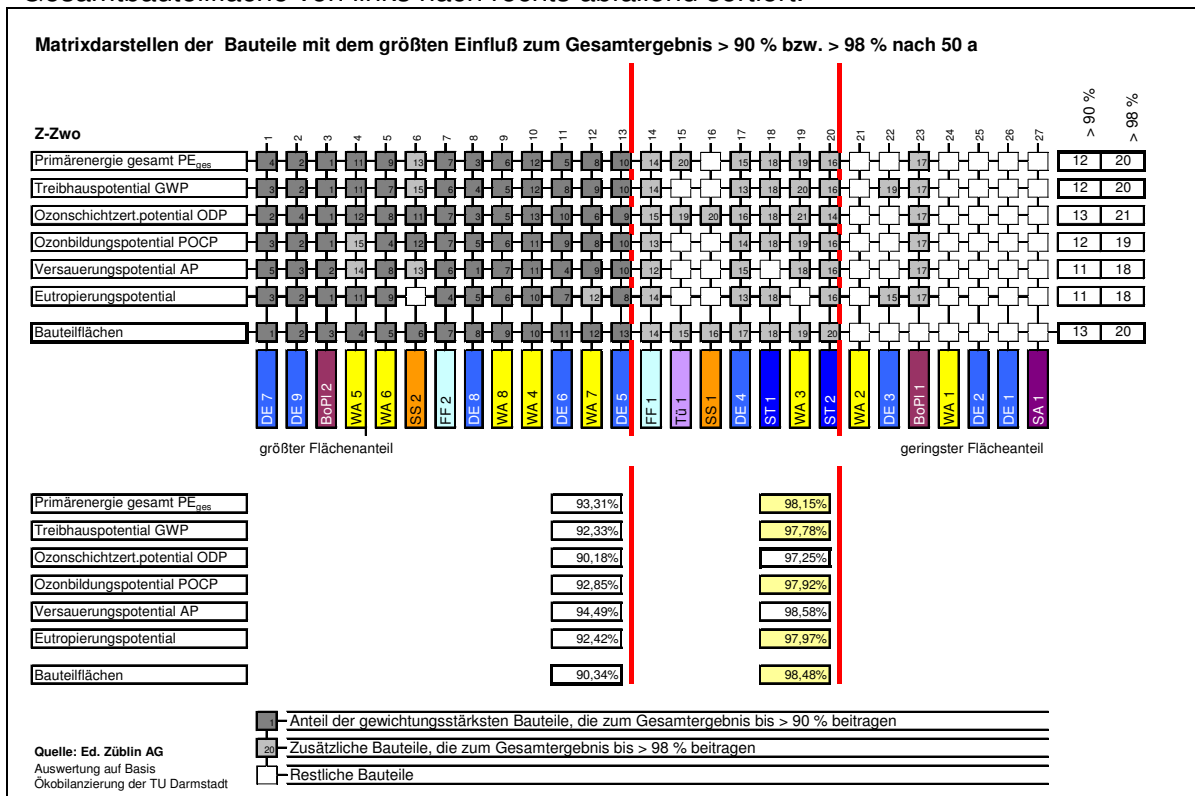
Um für jede Wirkungsbilanzart eine ähnliche Auswertung zu erhalten, sind die Bauteile in der x-Achse entsprechend ihrem Gewichtsanteil an der Gesamtbauteilfläche von links nach rechts abfallend sortiert und aufaddiert worden (Balken). Die jeweiligen, prozentualen Gewichtsanteile zur Wirkungsbilanz GWP (rote Linie) pro Bauteil sind entsprechend gegenübergestellt und in der schwarzen Linie aufsummiert worden.



3.16.2.5.- 2:: Aufsummiering der bauteilbezogenen Gewichtsanteile zur Summe Bauteilflächen im Betrachtungszeitraum 50 a

Die nachfolgende Matrix stellt das Gesamtergebnis der oben aufgeführten Abbildung über alle Wirkungsbilanzen am Beispiel Z-Zwo dar.

Gemäß obigem Diagramm wurden die Bauteile entsprechend ihrem Gewichtsanteil an der Gesamtbauteilfläche von links nach rechts abfallend sortiert.



3.16.2.5.- 3: Matrixdarstellung mit Darstellung der Bauteile mit dem größten Einfluss nach 50 a – Beispiel: Z-Zwo

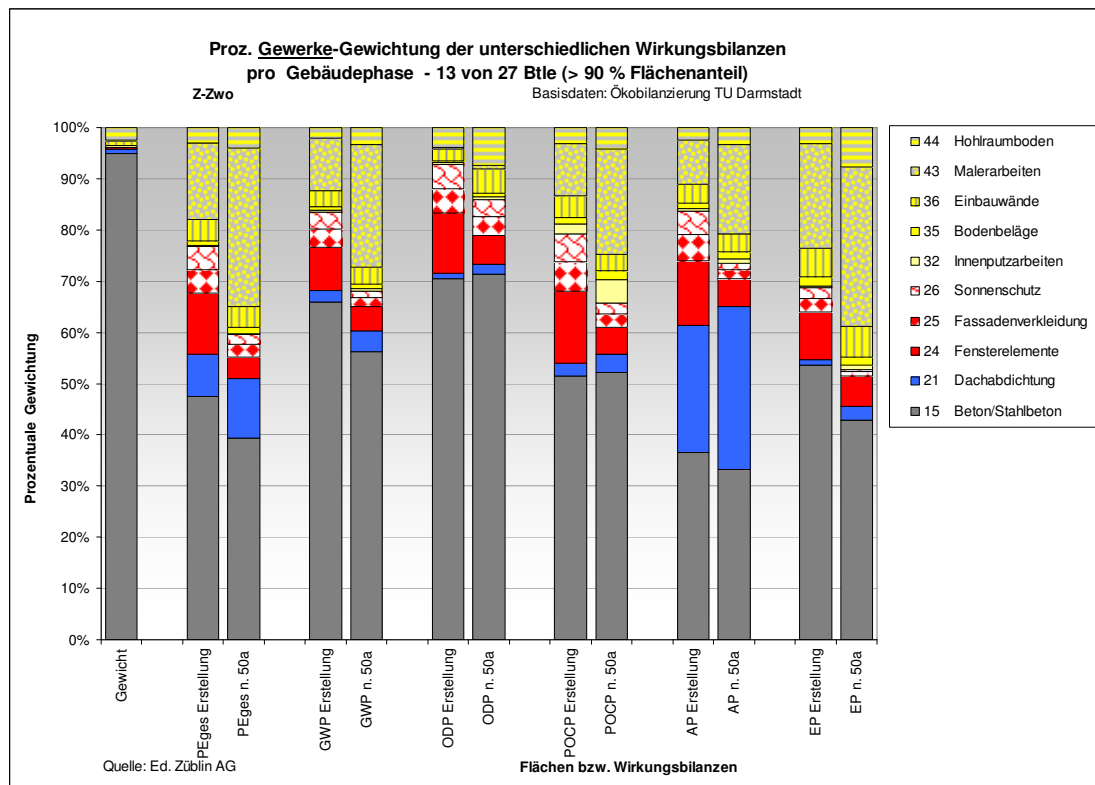
In der Matrix sind sämtliche Bauteile farblich markiert, die den größten Einfluss zum Gesamtergebnis > 90 % bzw. 98 % der jeweiligen Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche haben

Die Ergebnisse der Matrixdarstellung aller drei REG-Gebäude zeigen, dass eine Prioritätenfestlegung bei der Ökobilanzierung nach dem Gewichtsanteil der Bauteile an der Gesamtbauteilfläche zulässig ist.

Beim Z-Zwo haben 7 von 27 Bauteilen nur einen Anteil von ca. ± 2 % an der jeweiligen Gesamt-Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche. Dasselbe kann für das Züblinhaus und DVA übertragen werden. Hier haben 7 von 32 Bauteilen bzw. 4 von 24 Bauteilen nur einen Anteil von ca. ± 2 % an der jeweiligen Gesamt-Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilfläche.

Eine Erhöhung der Anzahl von Bauteilen wird das Gesamtergebnis der Ökobilanzierung in seiner Genauigkeit nicht wesentlich beeinflussen. Vor allem solange nicht, solange nur eine begrenzte Anzahl von Umweltproduktdeklarationen (EPD) für die Berechnung der Ökobilanzierungen vorliegt.

Exemplarisch wurde für Z-Zwo die Ökobilanzierung gewerkespezifisch aufgesplittet. Dabei wurden die ersten 13 der 27 oben erwähnten Bauteile näher ausgewertet und die prozentualen Anteile aller Wirkungsbilanzen und Baustoffmassen pro Gewerk ermittelt und gegenübergestellt.



3.16.2.5.- 4: Prozentuale Gewichtung der Gewerke der 13 von 27 Bauteilen pro Kriterium und Zeitphase im Vergleich zum Gewichtsanteil



Die 13 Bauteile nehmen ca. 90% der Gesamtbauteilfläche und ca. 92 % der Gesamtbauteilmassen ein. Die prozentuale Verteilung der Materialgruppen entspricht nahezu der Verteilung der 27 Bauteile.

Die Gegenüberstellung zeigt, dass das Gewerk 15: Beton/Stahlbeton bei den Gesamtwirkungsbilanzen schwankt und am Ende der Gebäudelaufzeit zwischen 35 bis 70 % liegt. Dies entspricht nicht dem Betongewichtsanteil von rund 95 % (hier: inkl. Bewehrung).

Der Anteil des Innenausbaus steigt nach 50 Jahren Gebäudenutzung zum Gesamtwert merklich an. Dabei trägt das Gewerk: 43 Malerarbeiten zum hohen Anteil maßgeblich bei.

In einer weiteren Auswertungsstufe hat sich ergeben, dass der Zuwachs bei den Malerarbeiten durch die dominanten Anteile der Bodenbeschichtung OS 11 bei DE9 und BoPI2 bestimmt werden. Der Anteil des Stahlbetons bei beiden Bauteilen rückt dabei an zweiter Stelle.

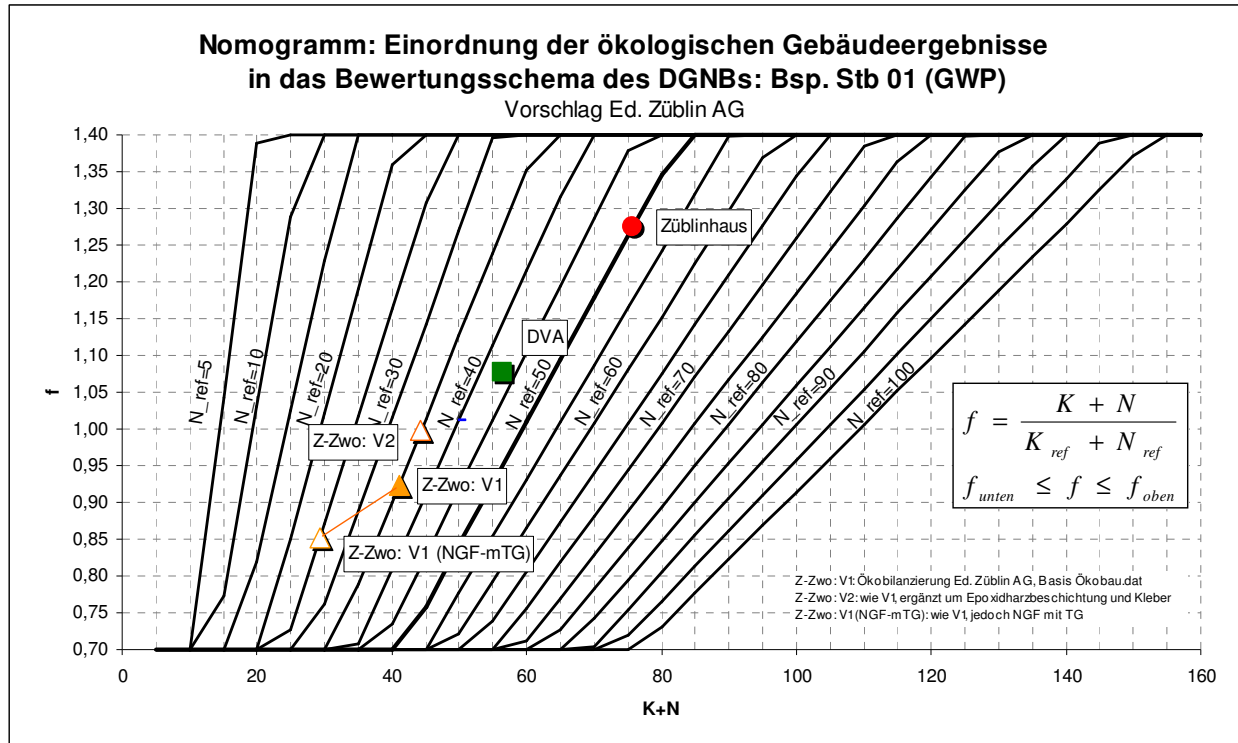
Siehe hierzu nähere Auswertungen im Kapitel 3.6.3: Ökobilanzierung Z-Zwo.

In der Kriterienbewertung der Ökobilanzierung im Sinne der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) erfolgt die Einstufung einer guten bzw. schlechten Ökobilanzierung auf Basis eines Punktesystems. Dabei werden die Ist-Werte (Baukonstruktion und Energie) mit den Referenzwerten (Baukonstruktion und Energie) ins Verhältnis  $f$  gesetzt. Das entsprechende Verhältnis  $f$ : Ist- zu Referenzwert definiert die erreichbare Punktezahl.

Da der Referenzwert „Energie“ ebenfalls wie die Ist-Werte „Baukonstruktion und Energie“ gebäudespezifisch variabel ist, können die Istwerte aus den Ökobilanzierungsergebnissen nicht direkt miteinander verglichen werden, um die Gebäude im Sinne der DGNB mit einer guten bzw. schlechten Ökobilanzierung einzustufen.

Mit nachfolgendem Nomogramm können die gebäudespezifischen Werte in einem Schaubild, in Abhängigkeit der oben beschriebener Formel, grafisch eingetragen, eingestuft und bewertet werden.

Das Nomogramm kann auf sämtliche ökologische Kriteriensteckbriefe 1-5, 10+11 umgesetzt werden.



3.16.2.5.- 5: Nomogramm: Einordnung der Gebäudeergebnisse in das Bewertungsschema des DGNB, Bsp. Stb 1

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Die fixen Referenzwerte für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik, gemäß Steckbriefen des DGNBs, sind zu unterschreiten.
- Die Angabe einer prozentualen Unterschreitung der Referenzwerte macht aktuell keinen Sinn, da sich die Ökobilanzierung im Findungsprozess befindet. Erst nach Auswertung der Ökobilanzierung von Gebäuden im Zuge der DGNB – Zertifizierungen sowie die notwendigen Erweiterungen der Umweltproduktdeklarationen in der Ökobaudat um typische Baustoffe und TGA-Anlagen in Verwaltungsbauten (Hohlraumboden, Pfostenriegelkonstruktionen, vorgehängte Metallfassaden) wird die exakte Angabe fixer Referenzwerte für den jahresbezogenen Durchschnittswert des Potentials der Baukonstruktion und Anlagentechnik ermöglichen.
- Der Endenergiebedarf des Gebäudes, maßgebend für das prognostizierte Potenzial für den Betrieb, soll den Referenz-Endenergiebedarf um -15 bis -30% unterschreiten.
- Gemäß Steckbriefen des DGNB werden die Ist-Anteile aus der Betriebsphase immer mit dem gebäudespezifischen Referenzwert lt. EnEV ins Verhältnis gesetzt. Dies führt dazu, dass Energieverbräuche aus Klimaanlagen zu positiv bewertet werden. Um dies zu einzudämmen, ist ein max. erlaubter Anteil über alle Wirkungsbilanzen aus der Betriebsphase ergänzend zu den Steckbriefen des DGNBs zu definieren.
- Die Anwendung der oben beschriebenen Kontrolldiagrammen und Nomogrammen ist dringend anzuwenden.

Im EnoB Forschungsvorhaben erfolgte keine Ökobilanzierung. Aus diesem Grund entfällt ein Vergleich der REG - Gebäuden mit den EnoB – Gebäuden.

### 3.16.2.6 Bauphysikalische Qualitäten - Wärmebrücken

Seit Einführung der Energieeinsparverordnung [EnEV 2002] wird der Einfluss von Wärmebrücken bei der Bestimmung der Transmissionswärmeverluste berücksichtigt, da mit steigendem Wärmeschutz die Bedeutung der Wärmebrückenverluste zunimmt.

In der Regel werden die Wärmebrückenauswirkungen ohne Berücksichtigung der Bauart pauschal mit einem spezifischen Wärmebrückenzuschlag  $\Delta U_{WB}$  in Ansatz gebracht.

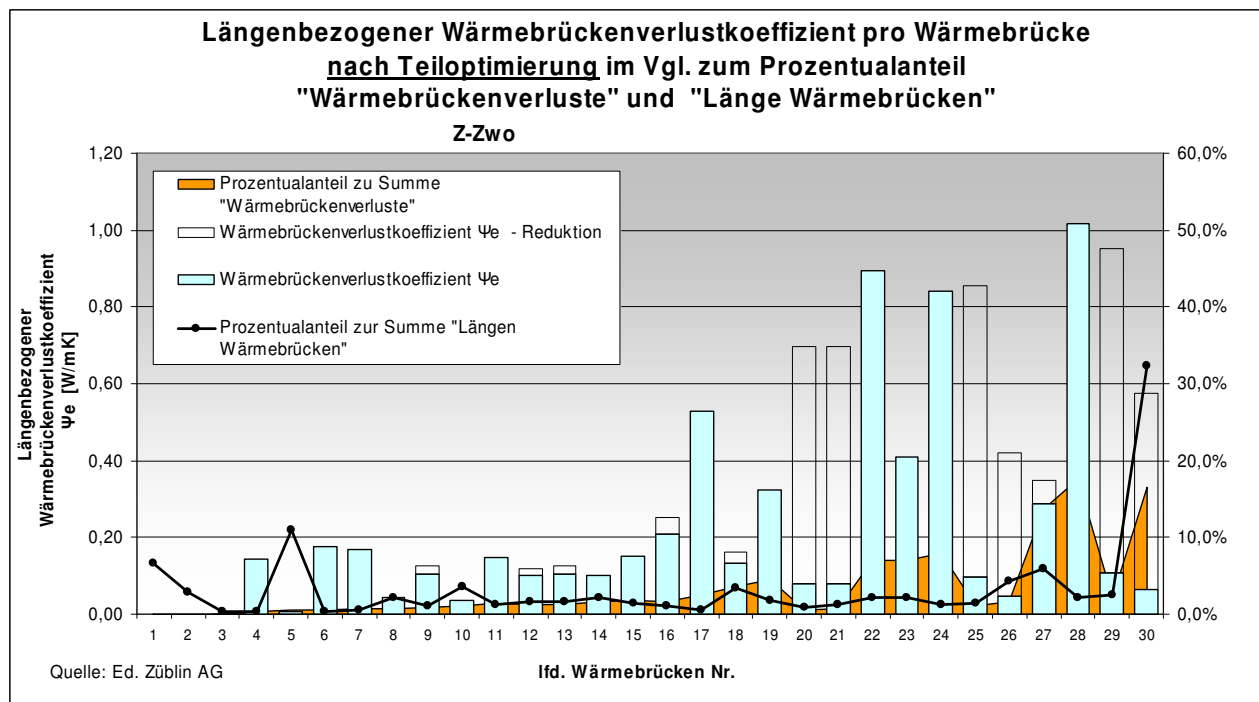
Beim detaillierten Nachweisverfahren können die Wärmebrückenverluste genau erfasst werden. Voraussetzung hierfür ist eine Berechnung der längen bezogenen Wärmeverlustkoeffizienten  $\Psi$  der wesentlichen Anschlussdetails. Dieses Nachweisverfahren wird bei Nichtwohngebäude aus wirtschaftlichen und zeitlichen Gründen in der Regel nicht angewandt und kommt frühestens bei Bauten im Passivhausstandard zum Tragen.

Im Zuge dieses Forschungsprojekts sollten die einzelnen Wärmebrückenverluste erstmals von Nichtwohngebäuden erfasst und auf ihre Schwachstellen analysiert werden.

Die Ziele dabei waren:

- Feststellung des realen Wärmebrückenzuschlags pro Nichtwohngebäude
- Vergleich mit den normativen Wärmebrückenzuschlägen (laut [EnEV2007])
- Gewichtung der berechneten Wärmebrücken
- Verbesserungspotential der Wärmebrücken von Nichtwohngebäuden
- Visualisieren realer Schwachstellen mithilfe der Wärmebildkamera

Im nachfolgenden Diagramm werden am Beispiel des Gebäudes Z-Zwo die Auswertungen der längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten  $\Psi_e$  pro Wärmebrückentyp nach der Teiloptimierung mit den jeweiligen prozentualen Gewichtungsanteilen zur Summe „Wärmebrückenverluste“ und zur Summe „Längen Wärmebrücken“ gegenübergestellt.



3.16.2.6.- 1: Gegenüberstellung der Gewichtunganteile teilloptimierter Wärmebrückenverluste und Wärmebrückenlängen, Z-Zwo

Bei allen drei Forschungsprojekten musste festgestellt werden, dass die rechnerisch ermittelten Wärmebrückenzuschläge schlechter sind als die pauschal ansetzbaren Wärmebrückenzuschläge nach EnEV2007 ( $\Delta U_{WB} = 0,150/m^2K$  (für Bestandsbauten) bzw. von  $\Delta U_{WB} = 0,05$  oder  $0,10/m^2K$  (für Neubauten)).

Gründe sind hierfür unter anderem,

- dass bei der Erstellung des Züblin-Hauses keine speziellen Anforderungen an Wärmebrücken laut [EnEV 2002-2007] gestellt wurden, da das Gebäude noch der [WSchVO `82] unterlag.
- Dasselbe gilt für das Z-Zwo Gebäude [WSchVO `95].
- Beim DVA Gebäudes erfolgte die Sanierung nach dem Bauteilverfahren (bauteilbezogene U-Wert Anforderung) der [EnEV 2004]. Aus diesem Grund wurde kein spezifischer Wärmebrückenverlust berücksichtigt, da die Definition eines Wärmebrückenzuschlags nur bei der Ermittlung des Primärenergiebedarfs erforderlich ist.
- Die Fensteranschlüsse entsprechen nicht den Planungsbeispielen der DIN 4108, Beiblatt 2.

Mit Ausnahme des Züblinhauses hätte die DIN 4108, Beiblatt 2 umgesetzt werden können, da diese Norm bereits zum Zeitpunkt der Erstellung des Z-Zwos und im Zuge der Sanierungsmaßnahme von DVA vorlag.

In nachfolgender Tabelle werden pro Forschungsprojekt die pauschal angesetzten Wärmebrückenzuschläge nach EnEV2007 mit den rechnerisch ermittelten und nachträglich optimierten Wärmebrückenzuschläge (Fensteranschlüsse, gemäß Planungsbeispielen der DIN 4108) gegenübergestellt.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Gewichtete Wärmebrücken-Verluste (WB) tei<sup>l</sup>optimiert nach DIN 4108-Beibl. 2 bezogen auf Umfassungsfläche, aufsummiert</b><br/> <b>Züblinhaus</b></p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG</p> | <p><b>Züblinhaus:</b><br/> Anzahl Wärmebrücken. 24 (relevant)</p> <p><b><math>\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (rechnerisch ermittelt)</b><br/> <math>\Delta U_{WB} = 0,150 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (pauschal n. EnEV2007)</p> <p>Verbesserung des WB-Zuschlags <math>\Delta U_{WB}</math>, wenn Fensteranschlüsse gemäß Planungsbeispielen nach [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] ausgeführt werden</p> <p><math>\Delta U_{WB} = 0,064 \text{ W/m}^2</math><br/> (Fensteranschlüsse nach DIN 4108, Beiblatt 2)</p>                |
| <p><b>Gewichtete Wärmebrücken-Verluste (WB) tei<sup>l</sup>optimiert nach DIN 4108-Beibl. 2 bezogen auf Umfassungsfläche, aufsummiert</b><br/> <b>Z-Zwo</b></p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG</p>      | <p><b>Z-Zwo:</b><br/> Anzahl Wärmebrücken. 30 (relevant)</p> <p><b><math>\Delta U_{WB} = 0,148 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (rechnerisch ermittelt)</b><br/> <math>\Delta U_{WB} = 0,100 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (pauschal n. EnEV2007)</p> <p>Verbesserung des WB-Zuschlags <math>\Delta U_{WB}</math>, wenn Fensteranschlüsse gemäß Planungsbeispielen nach [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] ausgeführt werden</p> <p><math>\Delta U_{WB} = 0,052 \text{ W/m}^2</math><br/> (Fensteranschlüsse nach DIN 4108, Beiblatt 2)</p>                     |
| <p><b>Gewichtete Wärmebrücken-Verluste (WB) tei<sup>l</sup>optimiert nach DIN 4108-Beibl. 2 bezogen auf Umfassungsfläche, aufsummiert</b><br/> <b>DVA</b></p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG</p>        | <p><b>DVA:</b><br/> Anzahl Wärmebrücken. 46 (relevant)</p> <p><b><math>\Delta U_{WB} = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (rechnerisch ermittelt)</b><br/> <math>\Delta U_{WB} = 0,100 \text{ W/m}^2\text{K}</math> (pauschal n. EnEV2007)</p> <p>Verbesserung des WB-Zuschlags <math>\Delta U_{WB}</math>, wenn Fensteranschlüsse gemäß Planungsbeispielen nach [DIN 4108, Beiblatt 2: 2006-03] ausgeführt werden</p> <p><math>\Delta U_{WB} = 0,108 \text{ W/m}^2</math><br/> (Fensteranschlüsse nach DIN 4108, Beiblatt 2)</p> <p>- Teilauszug -</p> |

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Konsequente Wärmebrückenausbildungen, insbesondere der Fensteranschlüsse, nach DIN 4108, Beiblatt 2:2006-03
- Die Planungsbeispiele der Wärmebrückenanschlüsse nach DIN 4108, Beiblatt 2 basieren auf typische Bauteilaufbauten im Wohnungsbau und müssen um typische Regelaufbauten von Nichtwohngebäude und Wärmebrückenanschlüssen (Metallfassaden, Tiefgaragenanschlüsse etc.) erweitert werden
- Erfolgt bei Sanierungsmaßnahmen die Nachweisführung nach der Energieeinsparverordnung mit dem Bauteilverfahren ohne festzulegendem Wärmebrückenzuschlag, so muss die Ausführung der Wärmebrücken nach DIN 4108, Beiblatt 2 – soweit wie möglich - umgesetzt werden

Ein Qualitätsvergleich mit EnoB - Projekten konnte wegen fehlender Datensätze beim Kriterium Schallschutz nicht erfolgen.

#### **3.16.2.7 Bauphysikalische Qualitäten – Schallschutz und Raumakustik**

Der Schallschutz wird bei der Ressourceneffizienz eines Gebäudes zweitrangig behandelt, obwohl der Schallschutz Auswirkungen auf die Behaglichkeit, die technische Qualität und somit Wertstabilität des Gebäudes hat [Brigitte Schulte-Fortkamp: Lärm bzw. Schallwirkung auf den Menschen und die Notwendigkeit des Schallschutzes in Gebäuden; Bauphysikkalender 2009; A1].

Aus diesem Grund wurden bereits im Zuge der Nutzerbefragungen im Kapitel zur Behaglichkeit in diesem Forschungsvorhaben zusätzliche Fragen zum Schallschutz an die Nutzer gestellt.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde der akustische Istzustand der Forschungsprojekte dokumentiert sowie eine Vergleichbarkeit der Schallschutzqualität mit Bilfinger und Berger definiert und festgelegt.

Zusätzlich wurde EGS-Plan beauftragt, in ausgewählten Räumen die Innenpegel bei verschiedenen Ausgangssituationen (z.B. geschlossene/gekippte Fensterelemente, Geräte an/aus, Nachbarschaftslärm) sowie Nachhallzeiten zu messen, um die Lärmeinwirkungen auf die Nutzer innerhalb der Büros feststellen und bewerten zu können.

Die Vergleichbarkeit der Schallschutzqualität pro Gebäude stellte dabei die größte Herausforderung dar, da beim Schallschutz, im Gegensatz zu den anderen Kriterien der Nullmessung, keine Absolutwerte pro Gebäude mit beliebigen gebäudespezifischen Bezugswerten (z.B. kWh/cbm, kWh/NGF, kWh/Personen) gebildet werden können.

Die Qualität des Schallschutzes eines Gebäudes wird herkömmlich nur über die Feststellung bauteilbezogener Einzelkennwerte bewertet, sodass eine direkte Vergleichbarkeit der Forschungsprojekte mit der allgemeinen Vorgehensweise nicht umsetzbar war.

Bewertungsmatrix:

Gemeinsam mit Bilfinger und Berger wurde eine Bewertungsmatrix erarbeitet, die erstmals die individuelle Vergleichbarkeit der Schallschutzqualität pro Gebäude ermöglicht.

Folgende wesentlichen Zielsetzungen für die Bewertungsmatrix sollten dabei erfüllt werden:

- die Bewertungsmatrix soll sich auf ein Standard Verwaltungsgebäude beschränken,
- die Obergrenzen der Bewertungsnoten sind sinnvoll festzulegen,
- eine Erhöhung des Anforderungsprofils bewirkt nicht immer eine gleichzeitige Verbesserung (z.B. Außenlärm/Einfluss des Nutzers auf Innenlärm),
- die maximal möglichen Schalldämmwerte einer Bürotrennwand sollen mitbewertet werden
- die Bewertungsmatrix soll grafisch und einfach ablesbar sein, eine Gesamtnote ist notwendig, aber nicht vorrangig.

Nähere Einzelheiten: siehe Kapitel 3.9.2.2 „Bewertungsmatrix“ in diesem Forschungsbericht.

Als Lösung für eine grafische, einfache und schnelle Bewertungsmatrix wird die Darstellung der Einzelbewertungen mit Hilfe einer Bewertungskurve gesehen.

In nachfolgender Abbildung ist die mit Bilfinger und Berger festgelegte Bewertungskurve mit den dazugehörigen Register Datenblättern 1.1 bis 6.2 grafisch abgebildet.



| L9                                |  |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   | Schallschutz        |  |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
|-----------------------------------|--|-----------------|---|----------------------|--------------------|---|---|---|---|---|---------------------|--|---------------------|-------------|----------------|--------|------|----|---|---|---|---|--|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU |  |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     |  |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
| 11                                | A  | B               | C   | D                    | E                  | F | G | H | I | J | K                   | L  | M                   | N           | O              | P      | Q    | R  | S | T | U | V |  |
| 12                                |  |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     |  |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
| 13                                | Id. Nr.  | Proj.-Kategorie | Einzelkriterien   | Kenn-<br>größe       | Gewicht-<br>faktor |   |   |   |   |   | Einfluss-<br>faktor | Risiko-<br>bewertung   | Bewertungs-<br>note | Zw.Fischung | Korrek-<br>tur | Punkte | P/B  |    |   |   |   |   |  |
| 14                                | 2. Außenbereich                                    |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     |  |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
| 15                                | 11   |                 | Gemäßigte Abweichung der baurechtlichen Sollsetzung der Fassade                     | ΔR <sub>FA</sub>     | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,11        | 1              | 0,11   | 0,06 | 6  |   |   |   |   |  |
| 16                                | 12   |                 | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)                                   |                      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 1,00        | 1              | 1,00   | 0,06 | 10 |   |   |   |   |  |
| 17                                | 2.1  |                 | Büro-/Videotelefonat (Standardgrundriss)  | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -0,30       | 1              | -0,30  | 0,06 | 1  |   |   |   |   |  |
| 18                                | 2.2  |                 | Konferenz-Geschoß (i.d.R. im EG)  | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,00        | 1              | 0,00   | 0,06 | 5  |   |   |   |   |  |
| 19                                | 2.3  |                 | Vorstands-Geschoß (i.d.R. im letzten OG)  | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,00        | 1              | 0,00   | 0,06 | 5  |   |   |   |   |  |
| 20                                | 2.4  |                 | Stadtorientiert   | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,00        | 1              | 0,00   | 0,06 | 5  |   |   |   |   |  |
| 21                                | 2.5  |                 | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Staudrinnenwand                    | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,00        | 1              | 0,00   | 0,06 | 5  |   |   |   |   |  |
| 22                                | 2.6  |                 | Dicke, Luftschallschutz   | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 23                                | 2.7  |                 | Dicke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddichte) (zentral)                  | L <sub>n,T</sub>     | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 24                                | 2.8  |                 | Bewerteter Norm-Trittschallpegel des Rohbauschalls (zentral)                        | L <sub>n,T,RA</sub>  | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | nein   | 2                   | 0,00        | 0              |        | 5    |    |   |   |   |   |  |
| 25                                | 3.1  |                 | Gruppe A (DIN 18041)  | T <sub>1,RA</sub>    | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 26                                | 3.2  |                 | Glasfenster und Mehrzweckfenster bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNE SB 21      | dgne P <sub>RA</sub> | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,25       | 1              | -1,25  | 0,06 | -1 |   |   |   |   |  |
| 27                                | 3.3  |                 | Mehrzweckfenster > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNE SB 21                        | dgne P <sub>RA</sub> | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,25       | 1              | -1,25  | 0,06 | -1 |   |   |   |   |  |
| 28                                | 3.4  |                 | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Büroschichten                  |                      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 29                                | 4.1  |                 | Wand, Luftschallschutz  | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | nein   | 2                   | 0,00        | 0              |        | 5    |    |   |   |   |   |  |
| 30                                | 4.2  |                 | Dicke, Luftschallschutz   | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 31                                | 4.3  |                 | Dicke, Trittschallschutz, Körperschall  | L <sub>n,T,RA</sub>  | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 32                                | 5.1  |                 | Wand, Luftschallschutz  | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | nein   | 2                   | 0,00        | 0              |        | 5    |    |   |   |   |   |  |
| 33                                | 5.2  |                 | Dicke, Luftschallschutz   | R <sub>FA</sub>      | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 34                                | 5.3  |                 | Dicke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (zentral)                                   | L <sub>n,T</sub>     | 1                  | 1 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,25       | 1              | -1,25  | 0,06 | -1 |   |   |   |   |  |
| 35                                | 4.1  |                 | Korrelationskoeffizient VDI 2184 einseitig  |                      | 1                  | 2 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | -1,00       | 1              | -1,00  | 0,06 |    |   |   |   |   |  |
| 36                                | 4.2  |                 | Einhaltung des max. Wurzeltastentestwertes bis -20 dB (0 bis 200 Hz) für einen Raum | L <sub>n</sub>       | 1                  | 2 | A |   |   |   |                     | ja   | 1                   | 0,00        | 1              | 0,00   | 0,06 | 5  |   |   |   |   |  |
| 37                                | Bezugsgröße für Gewichtsfaktoren                   |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     | 10   |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
| 38                                | Mindestzahl von Gewichtsfaktoren                   |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     | 14   |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |
| 39                                | Diagramm / Proj.-Bemerkungen / Bewertungskriterien |                 |   |                      |                    |   |   |   |   |   |                     | /1.1 /1.2 /2.1 /2.2 /2.3 /2.4 /2.5 /2.6 /2.7 /3.1 /3.2 /3.3 /3.4 /4.1 /4.2 /4.3 /5.1 /5.2 /5.3 /6.1 /6.2 |                     |             |                |        |      |    |   |   |   |   |  |

3.16.2.7.- 1: Bewertungstabelle für Schallschutz, Vorschlag Ed. Züblin AG in Absprache mit Bilfinger und Berger

Die Bewertungskurve ist in Hauptkategorien, Einzelkriterien, Gewichtungsfaktoren eingeteilt.

In den Hauptkategorien sind bekannte Klassifizierungen wie Außenlärm, Eigenbereich oder Raumakustik etc. zu finden. In den Einzelkriterien sind die zu bewertenden Merkmale aufgeführt. Zusätzlich zu üblichen Einzelkriterien sind diese um die manuelle Be- und Entlüftungen, die maximale Schalldämmwerte von Bürotrennwänden oder flexible Grundrissgestaltung mit Einhaltung der Raumakustik ergänzt.

Die genauere Beschreibung der einzelnen Bewertungskriterien ist im Kapitel Anlagen, „Schallschutz und Raumakustik“ näher definiert.

Die Bewertungsskala wird in 3 Stufen eingrenzt. Die Note A ist die Höchststufe und die Note „C“ die Mindeststufe.

Die Note „C“ kategorisiert in der Regel den Mindestschallschutz nach DIN 4109 bzw. Mindest-Standard-Ausbau von Verwaltungsbauten.

Wird eine baurechtliche Anforderung nicht erfüllt, springt die Benotung automatisch auf „C-“, zur sofortigen Kennzeichnung. Dies ist z.B. beim DVA-Gebäude der Ed. Züblin AG der Fall, da die Bestandsdecken nicht die heutigen baurechtlichen Anforderungen erfüllen. (Siehe hierzu die Einzelkriterien - Nr.: 2.5, 2.6, 5.2 und 5.3 in oben aufgeführter Abbildung).

Innerhalb der Notenskalen A, B und C sind Zwischenschritte erlaubt. Dabei ist festzuhalten, dass diese Zwischenschritte einen Mittelwert eines Schalldämmwertes pro Bauteil abbilden.

Z.B. der gemittelte, gebäudespezifische Schalldämmwert aller Bürotrennwand in Abhängigkeit der prozentualen Flächenverteilung pro Schalldämmwert und Bürotrennwand.

Die Darstellung als Bewertungskurve ermöglicht:

- die schnelle und einfache Einstufung der Schallschutzqualität eines Gebäudes,
- den Vergleich der Bewertungskurven zweier Gebäude oder zweier Varianten und
- das direkte Ablesen von Schallschutzqualitäten/-werte des Gebäudes aus den Bewertungskurven.

Mit Hilfe der Gewichtungsfaktoren ist eine Endnote möglich, die jedoch nicht als vorrangig angesehen wird.

#### Die wichtigsten Schallschutzmerkmale der drei Forschungsprojekte im Vergleich:

Der Vergleich der Bewertungskurven in oben aufgeführter Abbildung zeigt, dass die Benotungen bei allen drei Forschungsprojekten in den meisten Einzelkriterien zwischen B und C liegt. D.h. die baurechtlichen Mindestanforderungen zu Fremdbereichen und der Mindest-Standardbau von Verwaltungsbauten werden eingehalten.

Eine überdurchschnittliche Benotung (A) erhält das Z-Zwo Gebäude für den Luftschallschutz der Geschosdecken (28 cm) sowie für die massive Ausführung und Lage der Aufzugskerne. Das DVA Gebäude erreicht die Benotung A im Einzelkriterium „flexible Grundrissgestaltung in der Raumakustik“, da durch die vollflächig abgehängten Akustikdecken die Raumakustikanforderungen bei Nutzungsänderungen beibehalten werden.

Nachfolgend die wichtigsten Schallschutzmerkmale pro Forschungsprojekt:

#### (a) Züblinhaus

Das Züblinhaus wird in der Gesamtbewertungsnote C eingestuft und hat die Gesamtnote B-C knapp verfehlt.

Der Grund dieser Einstufung ist, dass das Züblinhaus im Jahr 1985 erstellt wurde und anderen Anforderungen unterlag als heutige Neubauten.

Ein Schwachpunkt ist die bestehende dünne Rohbetondecke mit Verbundestrich, d.h. ohne Hohlraumboden. Für die Nutzung als Eigenbereich, lt. DIN 4109, Bbl.2, ist diese Ausführung für den heutigen empfohlenen Mindestschallschutz ausreichend. Im Falle einer Nutzungsänderung (unterschiedliche Mietbereiche) würde diese Decke, insbesondere im Trittschallschutz, ohne Teppichbelag die baurechtlichen Anforderungen nicht mehr erfüllen.

Aufgrund der fehlenden Hohlraumböden sind Kabelkanäle entlang den Fensterelementen geführt. Dies führt zu einer Verschlechterung des Luftschallschutzes zwischen Büroräumen, insbesondere zu Räumen mit erhöhter Vertraulichkeit.

Verbesserungspotentiale sind hier beim Fassadenanschluss und bei der Ausführungsqualität der Türen (Bodenabsenkungen, Lippendichtungen) zu schutzbedürftigen Räumen zusehen.

Bei der Bewertung des Außenlärms musste festgestellt werden, dass die Fensterelemente entlang der Nordkuppe und entlang den Außenachsen 8-11 baurechtlich nicht mehr das Anforderungsprofil nach DIN 4109, Tab. 8+9 erfüllt.

Ein positives Beispiel dagegen ist der indirekte Schallschutz der innen liegenden Büroräume zur Glashalle. Bedingt durch die Glashallen-Trennung zur Straße werden sämtliche Büroeinheiten vor Außenlärmwirkung geschützt. Eine damalige innovative Maßnahme, die bereits mehrfach von Verwaltungsbauten kopiert wurde.

In der Ausführungsplanung wurde die Ed. Züblin AG von Prof. Dr.-Ing. Karl Gösele beraten. Dank seines Mitwirkens Anfang der 80 er Jahre wurden bereits schallschutztechnischen Untersuchungen und Kennwerte für das Züblinhaus angesetzt, die in der heutigen Planungsphase beim Neubau üblich sind.

#### (b) Z-Zwo

Das Z-Zwo spiegelt die heutigen Schallschutzqualitäten eines neuen Standard-Verwaltungsgebäudes wieder. Durch die massive Deckenbauweise mit 28 cm Deckenstärke, durch die flexible Grundrissgestaltung mit Hohlrumböden sowie die Trennung der schutzbedürftigen Räumen von lauten Räumen (Aufzüge, Treppenhäuser, WC-Kerne) erreicht das Z-Zwo Gebäude die beste Gesamtbewertungsnote aller drei Projekte: B.

Dringende Verbesserungspotentiale werden in der Raumakustik (Großraumbüros, große 1-2 Personenbüros) und horizontalen Trittschalldämmung der Hohlrumböden gesehen.

#### (c) DVA

Das DVA Gebäude wurde in den 50 er Jahren gebaut und 2006 saniert.

Das Gebäude wird in die Gesamtbewertungsnote B-C eingestuft.

Die Abwertungen im Schallschutz sind insbesondere durch vorhandene Baukonstruktionen herzuweisen, die dem heutigen Standard nicht mehr entsprechen. So musste für die Bestands-Rippendecke die Note C- vergeben werden, da der Luft- und Trittschalldämmwert der Bestandsdecke aus den 50er Jahren nicht mehr dem heutigen baurechtlichen Anforderungsprofil entspricht. Dasselbe gilt für die Schachtausbildungen des Bestands-Aufzugsschachtes.

Hervorzuheben sind die guten raumakustischen Qualitäten, bedingt durch vollflächig angebrachte Akustikdecken sowie des gute Luftschallschutzes der Bürotrennwände, aufgrund massiver Fassaden- und Deckenanschlüsse.

Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Die Schallschutzanforderungen gegen Außenlärm sind immer in Kombination mit künftigen Verkehrsprognosen zu definieren. Dies gilt insbesondere bei bereits vorliegenden Verkehrsknotenpunkten oder bekannten Umstrukturierungsplänen.
- Die angeordneten Glashallen vor Fassaden gegen Außenlärmwirkung verbessern den Schallschutz und erweitern die Büroflächen in die Natur, eine innovative Lösung des Züblinhauses aus den 80er Jahren.
- Die baukonstruktiven Ausführungsqualitäten der heutigen Standard-Verwaltungsbauten sind i.d.R. für den Schallschutz ausreichend.
- Für die Erhöhung der Wertstabilität eines Gebäudes sollten die Schalllängsleitungen der Fassade, des Bodens oder der Decke so ausgeführt werden, dass ohne große technische und wirtschaftliche Maßnahmen die Luftschalldämmung der Bürotrennwände auf 45...47 dB aufgestockt werden kann → flexible Bürogrundrissnutzung.
- Die Raumakustikqualität stellt i.d.R. bei den meisten Standard-Verwaltungsbauten einen Schwachpunkt dar, da Raumakustikmaßnahmen meistens aus wirtschaftlichen Gründen entfallen. Als zusätzliches Argument für den Entfall von Raumakustikmaßnahmen an den Decken wird die erforderliche Speicherkapazität der Rohbetondecken in den Sommermonaten für die Reduktion der Rauminnentemperaturen aufgeführt.
- Für die Lärmreduktion in den Büroräumen und somit Steigerung der Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter sind Maßnahmen insbesondere für Großraumbüros, für Besprechungsräume und für große 1-2 Personenbüros, unter dem Gesichtspunkt der flexiblen Bürogrundrissnutzung, zu finden.
- Für die Vergleichbarkeit von Verwaltungsbauten ist die Bewertungsmatrix anzuwenden

Ein Qualitätsvergleich mit EnOB - Projekten konnte wegen fehlender Datensätze beim Kriterium Schallschutz nicht erfolgen

### 3.16.2.8 Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeiten

Für alle drei Forschungsvorhaben der Ed. Züblin AG wurde von EGS-Plan eine Blowerdoormessung nach DIN EN 13829 durchgeführt, um die Qualität der Gebäudehülle hinsichtlich seiner Luftdichtigkeit feststellen zu können.

Ziele der Gebäudeluftdichtigkeits- / Blowerdoormessungen waren:

- Feststellung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle im Vergleich zu Regelwerken
- Bewertung der Luftdichtigkeit der Gebäudehülle, Formfaktor bereinigt
- Findung von Schwachstellen in der Gebäudeaußenhülle

Die Gebäudeluftdichtigkeitsmessungen ergaben folgende gemessenen Luftwechselraten:

Züblinhaus von  $n_{50} = 3,2$  [h-1]

Z-Zwo von  $n_{50} = 0,56$  [h-1]

DVA von  $n_{50} = 0,57$  [h-1]

Die Messberichte sind in den Anlagen 3.17 „Luftdichtigkeiten“ dokumentiert.

Übersicht zu gemessenen  $n_{50}$ -Werten einiger untersuchten Gebäude

| Projekt     | $n_{50}$ [h-1] |
|-------------|----------------|
| Züblinhaus  | 3,20 *)        |
| Z-Zwo       | 0,56           |
| DVA         | 0,57           |
| Premino     | 1,10 **)       |
| Artec-Forum | 2,70 **)       |
| D-Kö 92     | 4,50 **)       |
| ECOTEC      | 0,65           |
| Wagner      | 1,00           |
| Lamparter   | 0,30           |
| ZUB         | 1,00           |
| GIT         | 1,22           |
| Pollmeier   | 0,78           |
| Energion    | 0,20           |
| SurTec      | 0,40           |
| Solvis      | 0,20           |

Quelle : Bürogebäude mit Zukunft, 2007, Seite 61  
Quelle REG: Ed. Züblin AG; Bilfinger und Berger GmbH

- REG-Forschungsprojekte: Ed. Züblin AG
- REG-Forschungsprojekte: Bilfinger Berger Hochbau GmbH
- EnoB-Forschungsprojekte

\*) 1. OG bis 5. OG  
\*\*\*) raumweise

In nachfolgender Tabelle werden die obengenannten Messergebnisse mit den gemessenen  $n_{50}$ -Werten einiger untersuchter Gebäude aus der EnoB – Forschung verglichen

Das Z-Zwo und die DVA liegen im guten Mittelfeld der gemessenen  $n_{50}$ -Werte der EnoB-Projekte und erfüllen den erhöhten Grenzwert von 1,5 h-1 für Gebäude mit raumluftechnischen Anlagen, obwohl die Gebäude Z-Zwo und DVA (zum Teil) ohne raumluftechnische Anlagen ausgerüstet sind.

3.16.2.8.- 1: Übersicht zu gemessenen  $n_{50}$ -Werten

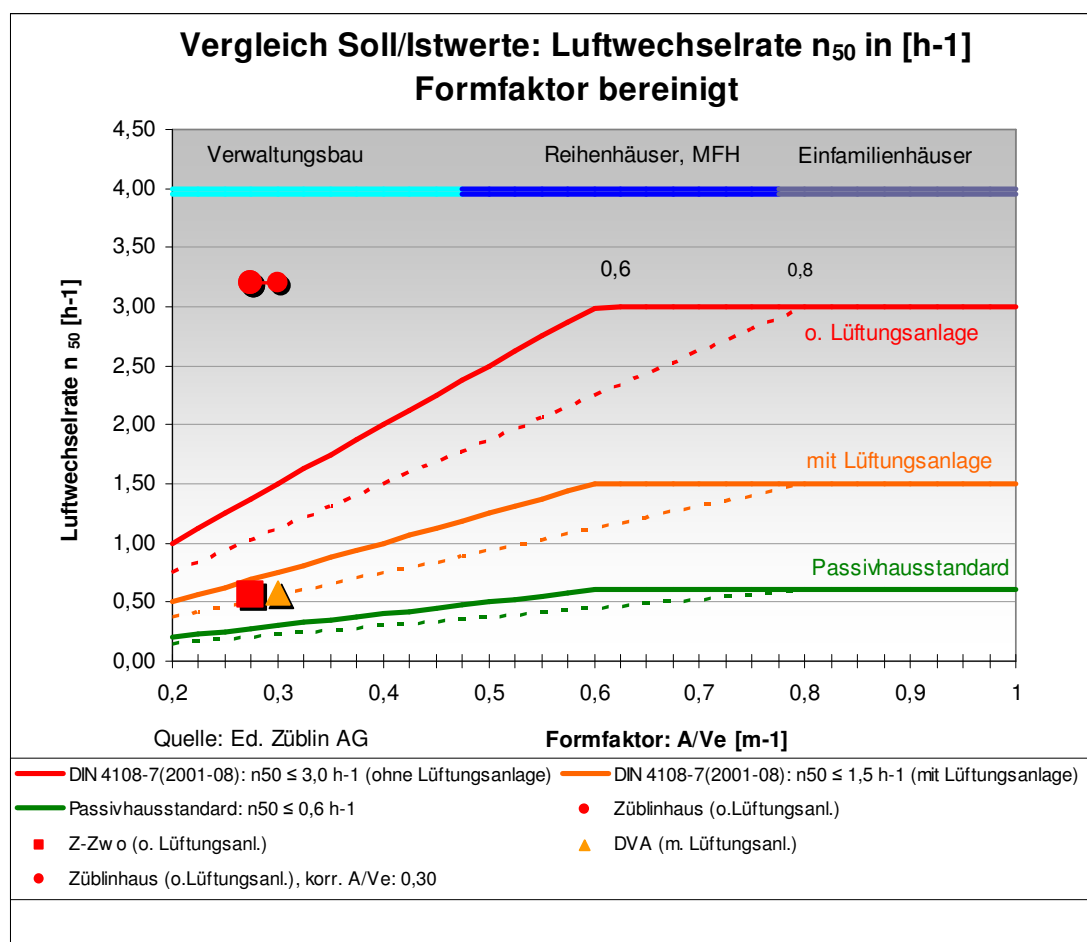
Beim Züblinhaus kann, lt. Aussage von EGS –

Plan, davon ausgegangen werden, dass der Grenzwert von 3,0 an Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen erfüllt wird. Grund hierfür ist, dass die Blowerdoormessungen beim Züblinhaus nur zwischen 1. bis 5. OG gemessen werden konnte, siehe hierzu Kap. 3.10 „Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeiten“.

Im Messbericht von EGS - Plan heißt es „es ist jedoch davon auszugehen, dass durch die bei der Messung vorhandenen nicht zu vernachlässigenden internen Leckagen der Messwert ohne diese Leckagen deutlich eingehalten würden.“ [EGS-Plan: Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 829; 18.02.2009, Seite 10]. siehe hierzu den Messbericht in Anlage 3.17.

Die  $n_{50}$ -Messwerte der REG - Projekte von Bilfinger und Berger sind unter Vorbehalt zu bewerten, da die Luftdichtigkeitsmessungen nur raumweise durchgeführt werden konnten.

Generell muss berücksichtigt werden, dass niedrige  $n_{50}$ -Werte bei großvolumigen Gebäuden leichter zu erreichen sind.



3.16.2.8.- 2: Vergleich der Blowerdoor - Ergebnisse mit Formfaktor bereinigten Anforderungen (gestrichelte Linie) nach DIN 4108-7 bzw. Passivhausstandard

Aus diesem Grund wurden in Kap. 3.10 „Bauphysikalische Qualitäten – Luftdichtigkeiten“ die Grenzwerte lt. DIN 4108-7 und lt. Passivhausstandard formfaktorbereinigt korrigiert und die  $n_{50}$  Messwerte der REG- Züblinprojekte mit den neuen Anforderungsprofilen, siehe hierzu obige Abbildung, gegenübergestellt.

Dies wird der Forderung gerecht, dass Verwaltungsgebäude mit seinen besseren Formfaktoren  $A/V_e$  im Vergleich zu Wohneinheiten höhere Anforderungen an die Luftwechselrate erfüllen sollten als in der Norm DIN 4108-7 gefordert.

In die Untersuchung wurde der neue Entwurf der DIN E 4108-7 [2009-01] nicht berücksichtigt.

Der Steigungswinkel der neuen formfaktorbereinigten Grenzwerte (bestrichelte Linie) zwischen  $A/V_e = 0,2$  und  $0,6$  bzw.  $0,8$  wird mit folgendem Faktor gebildet:

$$f = n_{50, \text{ soll}} \times \frac{(A/V_e)_{0,2}}{(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}}$$

Dabei gilt:

$n_{50, \text{ soll}}$  = Soll-Luftwechselrate lt. Anforderung

$(A/V_e)_{0,2\text{-Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors zwischen  $0,2$  und dem Ausgangspunkt (Knickpunkt)

$(A/V_e)_{\text{Knickpunkt}}$  = Wert des Formfaktors am Knickpunkt ( $0,6$  oder  $0,8$ ).

Wie in der Abbildung zu erkennen ist, erfüllen die Messwerte des Z-Zwo und der DVA trotz Formfaktorbereinigung die Grenzwerte an Gebäude mit und ohne raumluftechnische Anlagen.

Die Anforderung nach Passivhausstandard werden jedoch aufgrund der Formfaktorbereinigung nicht mehr erreicht ( $n_{50, \text{ soll, neu}} \leq 0,21$  bis  $0,30$  statt ehemaligen formfaktorunabhängigen  $n_{50, \text{ soll}} = 0,60$  [h-1]).

Für das Züblinhaus gilt, dass mit der Angleichung in Abhängigkeit des Formfaktors die Anforderung nach DIN 4108-7 für Gebäude ohne raumluftechnische Anlagen um das ca. 3fache überschritten wird. Die Gründe liegen u.a. bei den luftdurchlässigen Fensteranschlüssen.

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- Für den  $n_{50}$ -Messwert von Neubauten sollten die formfaktorbereinigten Grenzwerte für Passivhausstandard erfüllt werden. D.h. bei einem  $A/V_e$  Verhältnis von ca.  $0,27$  bis  $0,30$  sollte ein  $n_{50}$ -Grenzwert von ca.  $0,30$  eingehalten werden.
- Die Anforderung kann nur mit luftdichten Fensteranschlüssen, wie beim Z-Zwo und DVA umgesetzt und durch zusätzliche Vermeidung von Leckagen in der



Ausführungsplanung und Ausführung (z.B. Schiebetüren in Eingangsbereichen.) erreicht werden.

- Die Durchführung einer Blowerdoormessung bei sämtlichen Nichtwohngebäuden sollte normale Praxis werden.
- Die dadurch günstigeren Infiltrationsluftwechsel  $n_{inf}$  können in der korrigierten EnEV-Berechnung nach Fertigstellung des Gebäudes mit einfließen

### **3.16.2.9 Bauphysikalische Qualitäten – Behaglichkeit Nutzerkomfort**

#### Kurzbeschreibung:

Die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern kann marktwirtschaftliche Vorteile eines Unternehmens bewirken, wenn durch ein angenehmes Raumklima die Arbeitseffektivität gefördert und der Krankenstand der Mitarbeiter so gering wie möglich gehalten wird.

#### Folgende Ziele wurden verfolgt:

- Feststellen und beurteilen des Arbeitsplatzklimas mit unterschiedlichen Kurzzeit-Messungen an drei Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) durch EGS-Plan.
- Durchführen und bewerten von Nutzerumfragen während den Messreihen, um den subjektiven Eindruck der Nutzer zu den Themen Raumluftqualität, -temperatur, -feuchtigkeit, Zugluft und Schallschutz zu erhalten.
- Erstellen von Gesamtdiagrammen, um eine Vergleichbarkeit und Auswertung sämtlicher Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen bzw. Nutzerbefragungen pro Raum und Jahreszeit zu erreichen sowie
- eine direkte Vergleichbarkeit und Auswertung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Ergebnissen aus den Nutzerbefragungen zu den Themen Schallschutz und Nutzerkomfort zu erreichen.
- Übertragen der Messergebnisse in gemeinsam mit Bilfinger und Berger festgelegten Diagrammen, damit im Rahmen des Forschungsvorhabens die Messergebnisse aller sechs Forschungsvorhaben, trotz unterschiedlicher Messreihen, vergleichbar werden.
- Übertragen der Langzeitmessungen (Raumlufttemperatur, relative Raumluftfeuchte, Außenlufttemperatur) von Ed. Züblin AG in die Auswertungsdiagramme mit Bilfinger und Berger.

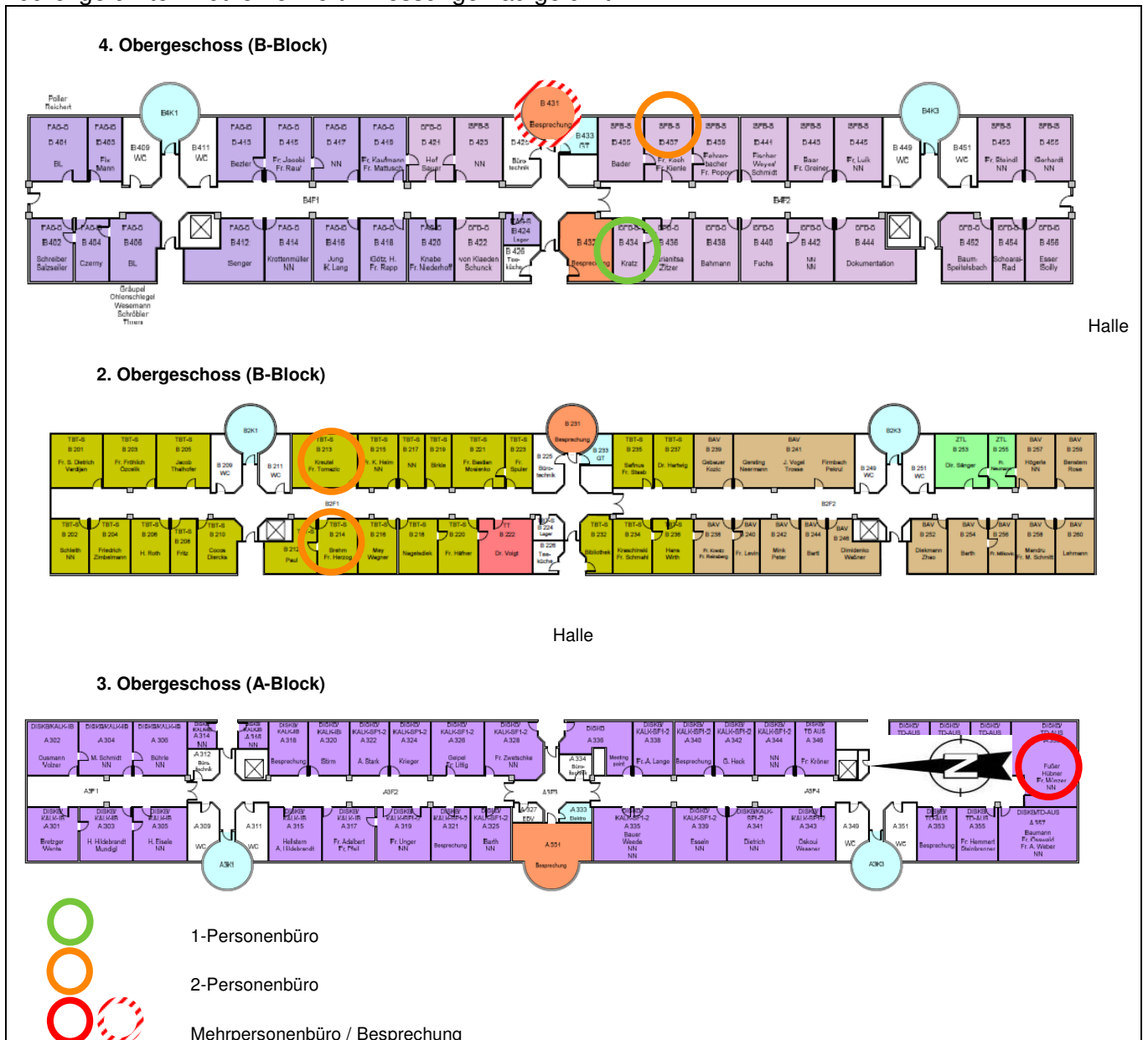
#### Messtellen der extern durchgeführten Nutzerkomfortmessungen

In jeweils 10 Räumen pro REG – Gebäude erfolgten Kurzzeitmessungen an drei verschiedenen Jahreszeiten (Sommer, Übergangszeit und Winter), um Aussagen des Komforts bei



unterschiedlichen Außenklimaten zu erreichen. Dabei wurden am jeweiligen Messtag pro Raum drei Messreihen und drei Befragungen pro anwesenden Raumnutzer durchgeführt (vormittags, mittags und nachmittags). Der Fragebogen ist im Wesentlichen auf die thermische Behaglichkeit fixiert und wurde auf Wunsch der Ed. Züblin AG um den Komfort des Schallschutzes erweitert.

Am Beispiel Züblinhaus sind in nachfolgender Abbildung sämtliche Messorte der durchgeführten Nutzerkomfort - Messungen aufgeführt.



3.16.2.9.- 1: Messorte der Nutzerkomfort-Messungen – Züblinhaus A- und B-Block

Gegenüberstellung der Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messergebnissen in ein gemeinsames Bewertungsdiagramm

Zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas wurden unterschiedliche Messungen durchgeführt, unter anderem Temperatur, relative Raumluftfeuchte, horizontale Temperaturschichtung, Strahlungstemperaturen, Zugluft und CO<sub>2</sub> – Gehalt in der Luft sowie die Beleuchtungsstärke.

Die Bewertungskriterien werden in der Regel jeweils getrennt für sich betrachtet.

Um eine Vergleichbarkeit innerhalb der Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen zu erreichen, wurde ein Bewertungsdiagramm erstellt. Dabei mussten die verschiedenen Ergebnisse aus den Messreihen auf eine gemeinsame Skala übertragen werden

Folgende Ziele wurden verfolgt:

- Übertragbarkeit der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen auf ein gemeinsames Bewertungsdiagramm.
- Vergleichbarkeit der Bewertungskriterien pro Raum und Jahreszeit
- Vergleichbarkeit der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen mit den Auswertungen aus den Nutzerbefragungen zum Thema Nutzerkomfort

Nachfolgende Tabellen stellen die neuen Skalenzuordnungen pro Kategorie dar:

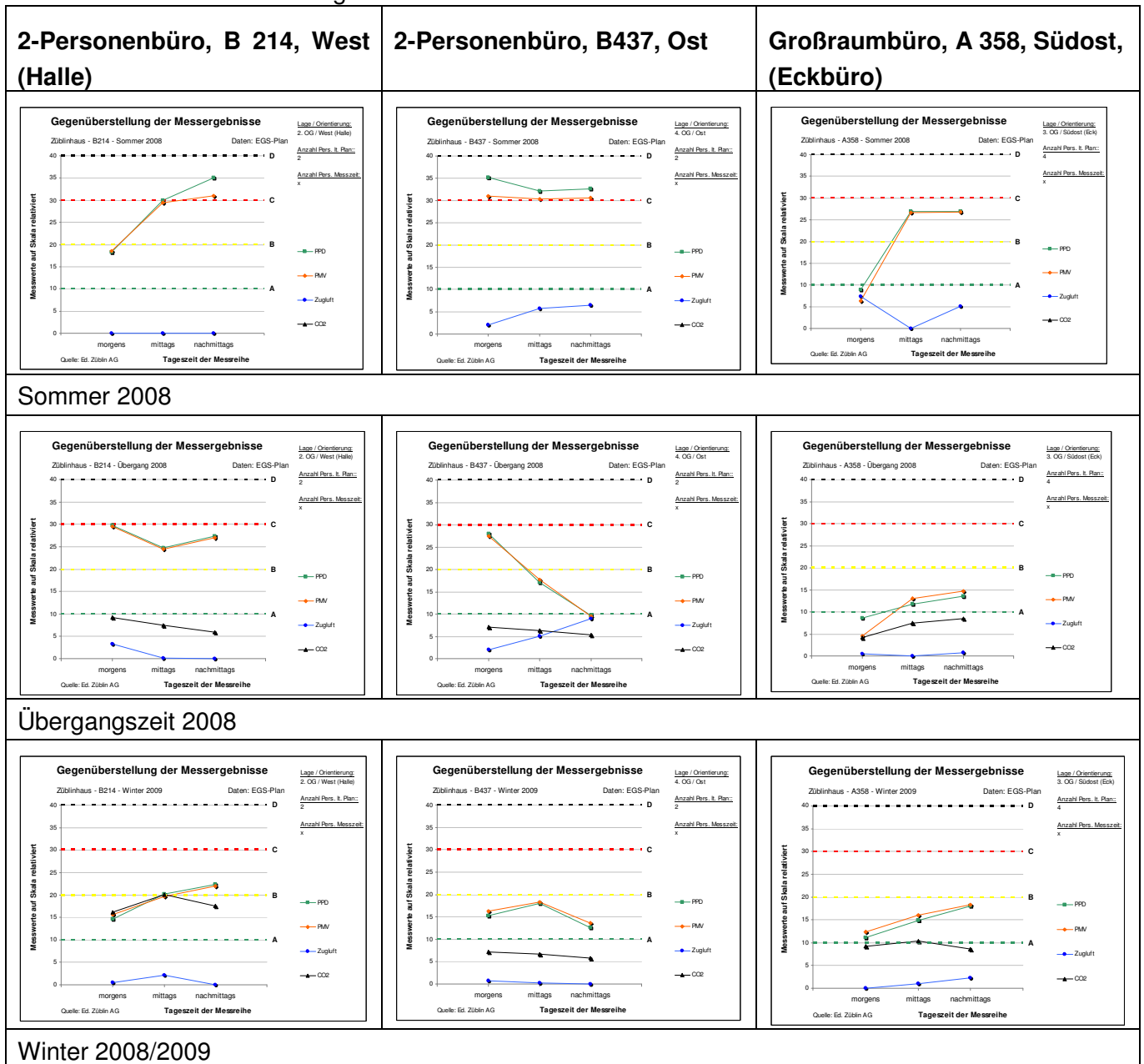
| Kategorie | Neue Skalenzuordnung | PMV -Index<br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> | PPD (%) - Index<br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> | CO <sub>2</sub> - Gehalt <sup>1)</sup><br>nach DIN 1946-2 und MAK <sup>1)</sup> | Zugluft Draught Rate (DR (%))<br>nach DIN EN ISO 7730 <sup>1)</sup> |
|-----------|----------------------|--|---|---|---|
| <b>A</b>  | < 10                 | - 0,2 > PMV < + 0,2                              | PPD (%) < 6 %   | CO <sub>2</sub> < 1000 pm   | DR (%) < 10 %   |
| <b>B</b>  | < 20                 | - 0,5 > PMV < +0,5                               | 6 % ≤ PPD (%) ≤ 10 %                                  | 1000 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 1500 pm   | 10 % ≤ DR (%) ≤ 20 %  |
| <b>C</b>  | < 30                 | - 0,7 > PMV < +0,7                               | 10 % ≤ PPD (%) ≤ 15 %                                 | 1500 pm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 5000 pm   | 20 % ≤ DR (%) ≤ 30 %  |
| <b>D</b>  | < 40                 | - 3,0 > PMV < +3,0                               | 15 % < PPD (%)  | 5000 pm < CO <sub>2</sub>   | 30 % < DR (%)   |

Die nähere Beschreibung der neuen Skalenzuordnung kann den Hauptkapiteln 3.11.2.2.; 3.11.3.2 bzw. 3.11.4.2 entnommen werden.

Nachfolgende Abbildung zeigen am Beispiel Züblinhaus die Gegenüberstellung der jeweiligen Bewertungskriterien, abgeleitet aus den Messreihen.

Aus dem Vergleich der Diagramme pro Raum oder Jahreszeit können Ursachen und Wertigkeiten abgeleitet werden.

Die Linienverbindungen zwischen den Kurzzeit-Ergebnissen wurden bewusst mit einbezogen, um eine schnellere Bewertung zu erleichtern.



3.16.2.9.- 2: Gegenüberstellung der Kurzzeit-Messergebnisse von 3 ausgewählten Räumen pro Jahreszeit, Beispiel Züblinhaus

Die Bewertungsdiagramme sind in den Anlagen zum Thema Behaglichkeit (Kapitel 3.11) in Originalgröße dokumentiert und einlesbar.

#### Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Schallschutz

Der Schallschutz hat Auswirkungen auf die Behaglichkeit, die technische Qualität und somit Wertstabilität des Gebäudes.

Aus diesem Grund wurden im Zuge der Nutzerbefragungen [EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009, Seiten 24, 29-30] zusätzliche Fragen zum Schallschutz an die Nutzer gestellt.

Um dieses subjektive Empfinden der Mitarbeiter zum Thema Schallschutz mit den klimatischen Gegebenheiten vergleichbar zu machen, wurden AG folgende Ziele von Ed. Züblin ergänzend verfolgt:

- Übertragbarkeit der wichtigsten Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz auf ein gemeinsames Bewertungsdiagramm
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz pro Raum und Jahreszeit
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz im Zusammenhang mit der in REG ermittelten Bewertungskurve, siehe Kap. 3.9.
- Vergleichbarkeit der Nutzeraussagen zum Thema Schallschutz im Zusammenhang mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort (Messwerte / Nutzerbefragung).

Für die Vergleichbarkeit mit dem aktuellen thermischen Raumkomfort zum Zeitpunkt der Nutzerbefragung wurden die 7 Bewertungsstufen aus dem Nutzerfragebogen in die Kategoriestufen A, B, C und D, analog EN ISO 7730, umgewandelt.

10. Sind die **Geräusche** aus den benachbarten Büroräumen / Flur störend (Tür zu)?  ja  nein

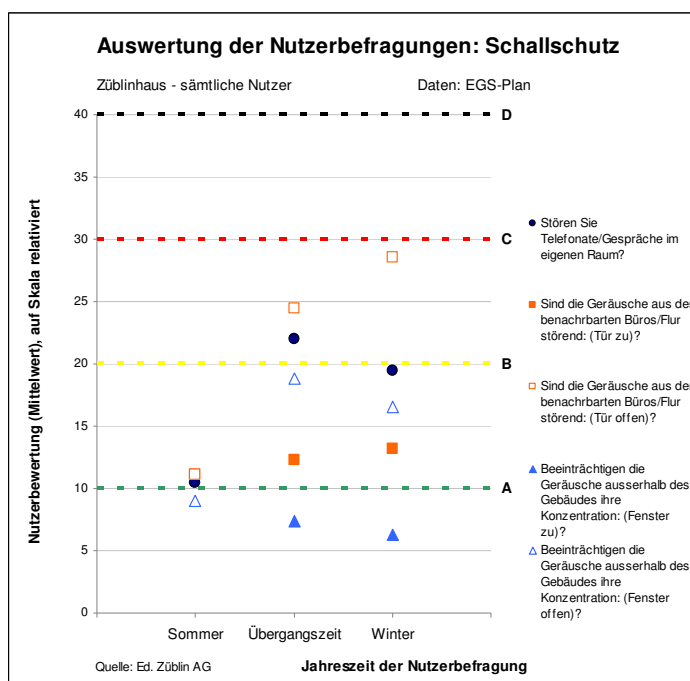
*stören mich sehr*         *gar nicht*

[EGS-Plan: Abschlußbericht Nutzerkomfortmessungen im Rahmen von REG; 22.01.2009, Seiten, 29-30, Fragen 9-13].

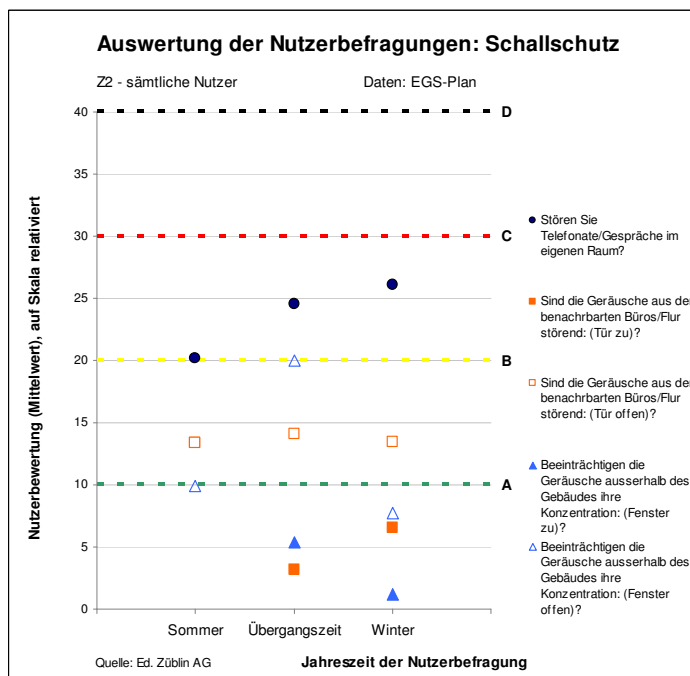
Durch die Umskalierung ist eine gesamteinheitliche Bewertung und Einstufung über die drei Messtage möglich.

Das Diagramm kann ebenfalls für die Bewertung eines einzigen Raumes pro Messtag (vormittags, mittags und nachmittags) benutzt werden, damit kann eine direkte Vergleichbarkeit der raumbezogenen Auswertungen für den thermischen Komfort erfolgen.

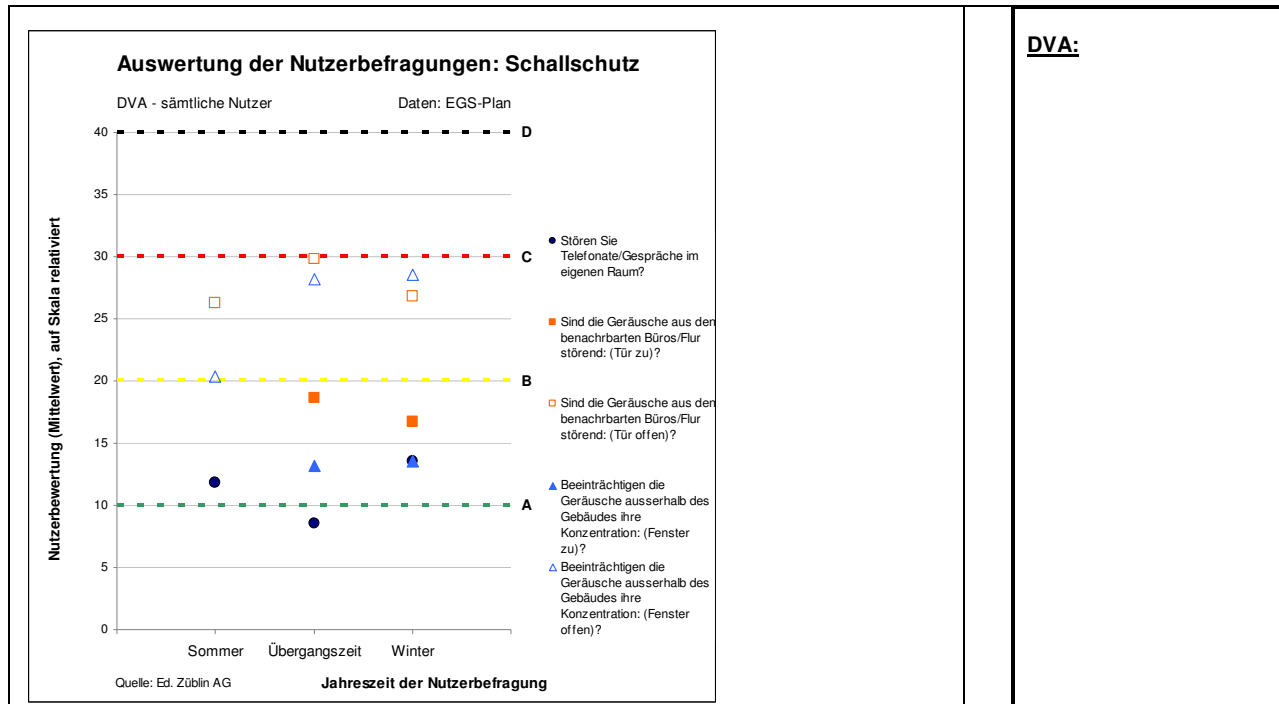
Nachfolgende Abbildungen zeigen die neuen Bewertungsdiagramme der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Schallschutz.



Züblinhaus:



Z-Zwo:



Die wichtigsten Auswertungen zum Thema Schallschutz im Vergleich:

(a) Züblinhaus

- Die Nutzer bewerten die einwirkenden Außenlärmpegel im Sommer besser als in den anderen beiden Jahreszeiten. D.h. die Toleranzgrenze ist im Sommer größer. Die Ursache kann an der negativen Nutzerbewertung beim thermischen Komfort liegen (Schwerpunktverschiebung). Die Aussage bestätigt die Auswertungen zum Thema Nutzerbefragung und Empfindung der Raumtemperatur.
- Als größten Störfaktor empfinden die Nutzer im Züblinhaus die Geräusche aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren. Die Ursache begründet sich in den schlechteren Schalldämmwerten der Bürotrennwände. Eine weitere Ursache könnten die geschlossenen, opaken Flurtrennwände sein, die keinen Sichtkontakt in die Flurbereiche gewähren.
- Als zweitgrößten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonaten) ein. Dieser Störpegel kann über ergänzende raumakustische Maßnahmen im Raum reduziert, jedoch nicht vollständig behoben, werden.

(b) Z-Zwo

- Im Vergleich zum Züblinhaus ist hier die Toleranzgrenze im Sommer weniger ausgeprägt.
- Als größten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonaten) ein. Die negative Bewertung nimmt im Winter zu. Eine Ursache können die geschlossenen Fensterelemente sein, da der Grundgeräuschpegel im Raum durch fehlende Straßenlärm einwirkung im Winter niedriger ist als im Sommer mit offenen

Fensterelementen. Zusätzlich können die fehlenden raumakustischen Maßnahmen eine Begründung für diese Bewertung sein.

- Als zweitgrößten Störfaktor empfinden die Nutzer im Z-Zwo die Geräusche aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren. Die Bewertung fällt jedoch wesentlich besser aus als bei den Nutzerbefragungen im Züblinhaus.

(c) DVA

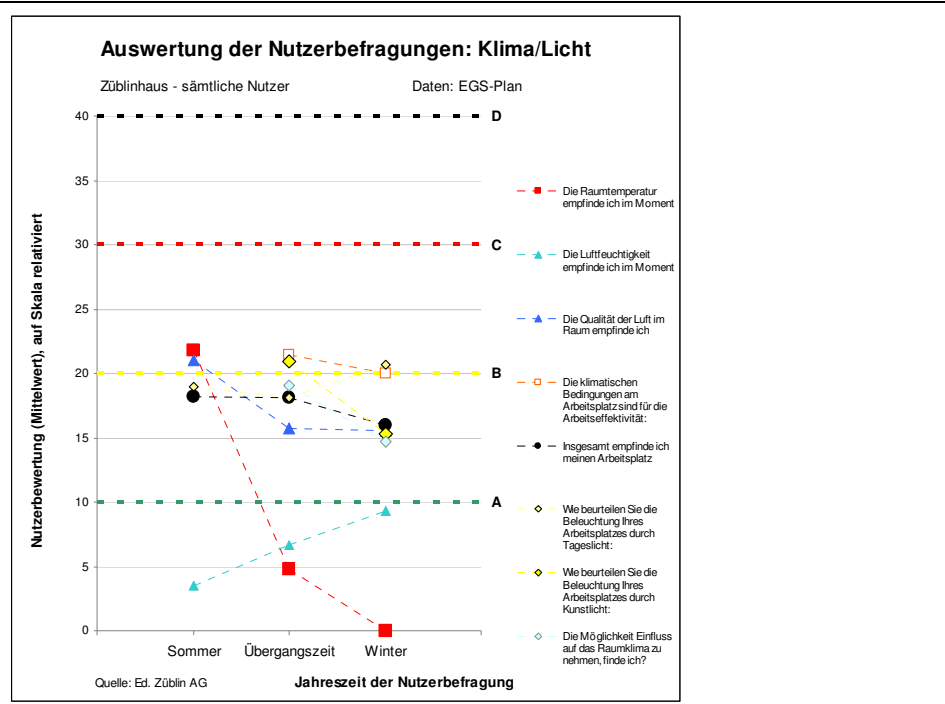
- Der Vergleich zeigt, dass der Lärm unabhängig von der Jahreszeit vom Nutzer als störend empfunden wird.
- Als größten Störfaktor stufen die Nutzer die Geräusche aus den Nachbarbüros bei geöffneten Bürotüren sowie den eindringenden Straßenlärm bei geöffneten Fensterelementen ein. Die Ursachen liegen wesentlich am hohen maßgeblichen Außenlärmpegel.
- Im Winter wird die Straßenlärmwirkung unverändert schlecht bewertet D.h. trotz Lüftungsanlage und geringerer Straßenlärmwirkungen in die Räume bleibt die Nutzerbewertung ungünstig.
- Die Geräusche im eigenen Raum (Gespräche / Telefonate) werden im Gegensatz zum Z-Zwo und zum Züblinhaus besser eingestuft. Die Gründe sind bei der höheren Anzahl an Einzelbüros und den vollflächigen Akustikdecken zu sehen.

Die ermittelten Bewertungen aus der Schallschutz-Bewertungskurve (Kapitel 3.9) stimmen mit den Ergebnissen der Nutzerbefragung überein.

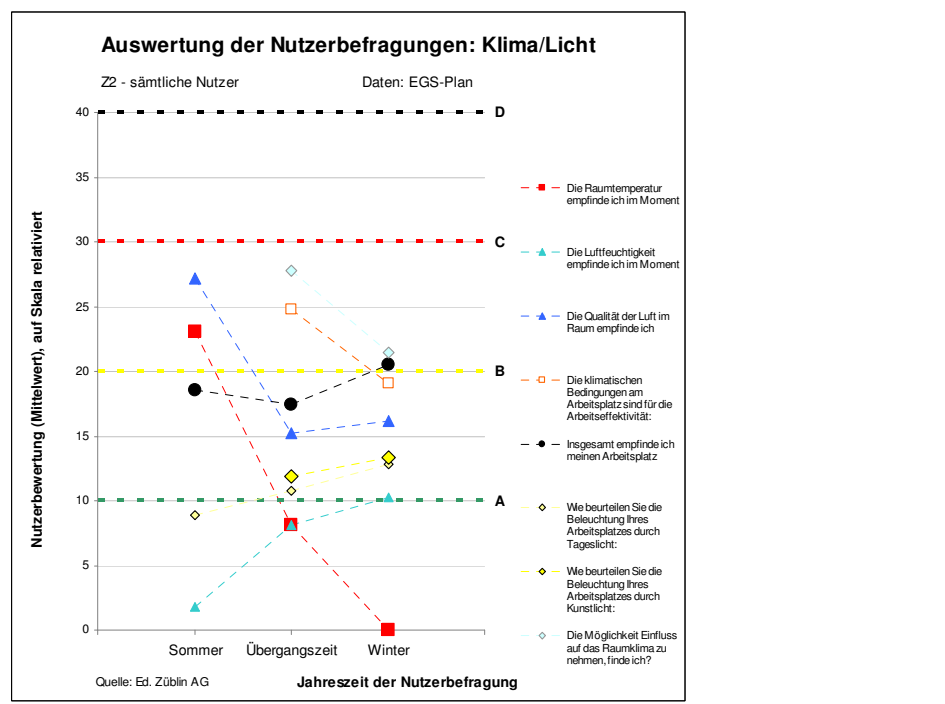
Aufgrund fehlender Einzelergebnisse pro Raum, beschränken sich die oben genannten Auswertungen auf die gemittelten Aussagen aller Mitarbeiter pro Jahreszeit (Sommer, Übergangszeit, Winter). Eine weitere Auswertung der Nutzeraussagen pro Raum würden weitere individuellere Erkenntnisse und Aufschlüsse pro Raum ergeben, insbesondere im Zusammenhang mit den Nutzerkomfort - Messergebnissen von EGS-Plan.

Auswertung der Nutzerfragebögen: Thema Klima / Licht

Nachfolgende Abbildungen zeigen die neuen Bewertungsdiagramme der gemittelten Nutzerbewertungen zum Thema Klima und Licht. Die Definition der einzelnen Skalenbewertungen sind dem Kapitel 3.11 zu entnehmen.

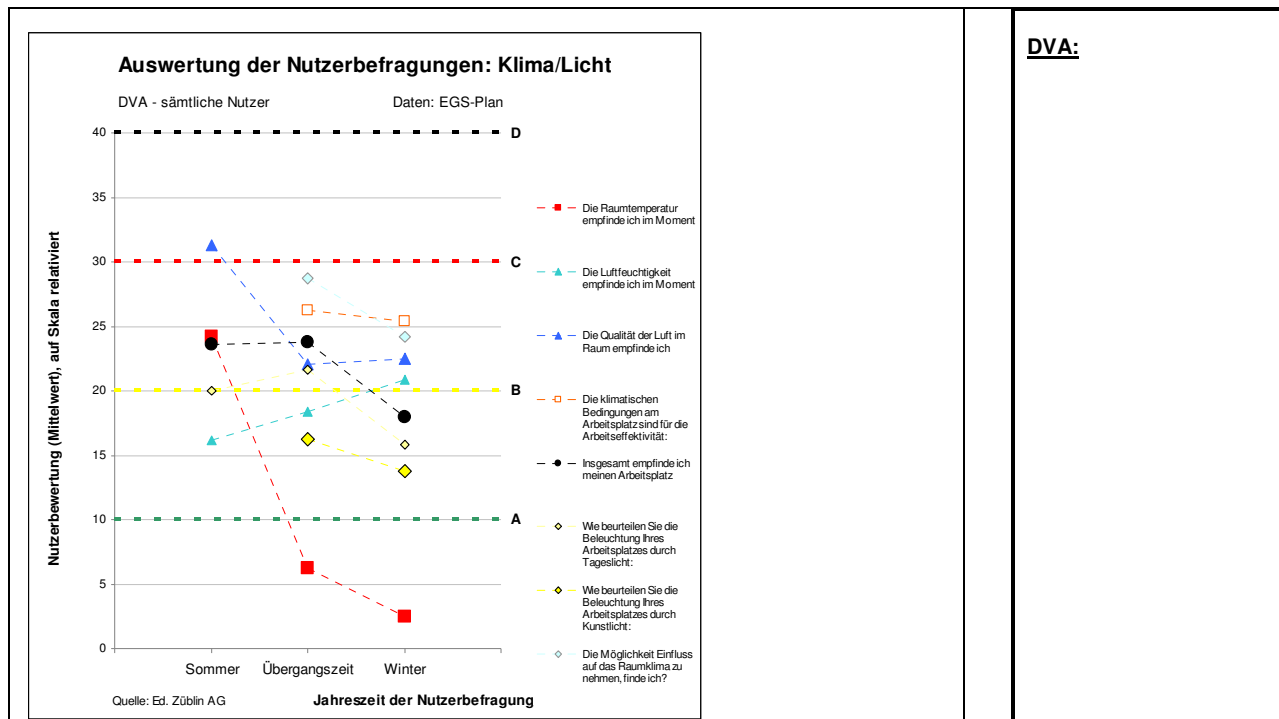


Züblinhaus:



Z-Zwo:





Die wichtigsten Auswertungen zum Thema Klima / Licht im Vergleich:

(a) Züblinhaus

- Die Nutzerbewertungen zu den Themen Klima und Licht schwanken innerhalb der Jahreszeiten nur geringfügig. Die Ausnahme bildet die Frage nach der Empfindung zur Raumtemperatur. Hier ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.
- Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumlufffeuchtigkeit. Dies entspricht den tatsächlichen Langzeitmessungen, siehe Anlage im Hauptkapitel 3.11.
- Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes ist über die Jahreszeiten gleichbleibend, obwohl im Sommer ein niedriger thermischer Komfort zu verzeichnen ist.
- Die Arbeitseffektivität wird ca. eine halbe Kategorie schlechter bewertet als die Gesamtempfindung zum Arbeitsplatz. Die Arbeitseffektivität erhält die schlechteste Bewertung aller Einzelkriterien (~Kategorie B).

(b) Z-Zwo

- Der Vergleich zeigt, dass die Nutzerbewertungen im Vergleich zu den Auswertungen des Züblinhauses stärker jahreszeitlichen Schwankungen ausgesetzt sind.
- Die durchschnittliche Bewertung zu den Themen Klima und Licht liegt um ca. eine halbe Kategorienote schlechter als beim Züblinhaus.

- In manchen Einzelbewertungen werden fast die Kategorie C erreicht. Dies betrifft die Arbeitseffektivität und die Einflussmaßnahmen auf das Raumklima.
- Bei der Empfindung zur Raumtemperatur ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.
- Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumlufffeuchtigkeit. Dies entspricht den tatsächlichen Langzeitmessungen, siehe Anlage im Hauptkapitel 3.11.
- Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes ist über die Jahreszeiten gleichbleibend, obwohl im Sommer ein niedriger thermischer Komfort zu verzeichnen ist.
- Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes und die Arbeitseffektivität werden von den Nutzern schlechter beurteilt als von den Nutzern des Züblinhauses.

(c) DVA

- Die durchschnittlichen Bewertungen sind um ca. eine 3/4 Kategorienote schlechter als beim Züblinhaus.
- In etlichen Einzelbewertungen werden die Kategorienote B-C bis C erreicht. Dies betrifft Arbeitseffektivität, Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes, Luftqualität und Einflussmaßnahmen auf das Raumklima.
- Bei der Empfindung zur Raumtemperatur ist die größte Unzufriedenheit im Sommer zu verzeichnen, während im Winter die beste Bewertung von allen Einzelkriterien erreicht wird.
- Im Winter steigt die Unzufriedenheit zum Thema Raumlufffeuchtigkeit und wird im Vergleich zu den beiden anderen Forschungsvorhaben wesentlich ungünstiger bewertet.
- Die Empfindung des gesamten Arbeitsplatzes und die Arbeitseffektivität beurteilen die Nutzer schlechter als die Nutzer des Züblinhauses und des Z-Zwos.

Zu beachten ist, dass die Kategorieabstufungen A, B, C und D gleichmäßig, wie Schulnoten, über die Einstufungen verteilt sind, um eine Vergleichbarkeit zu den Auswertungen zu erreichen. Auf eine verschärfte Kategorieabstufung – analog dem PMV-Index (z.B: A-Kategorie:  $-0,2 > PMV < +0,2$  etc.) wurde daher verzichtet. Die abweichenden Kategorieabstufungen sind in der Auswertung zu beachten.

Festgelegte Behaglichkeitsauswertungen mit Bilfinger und Berger

Im Gegensatz zu den Messreihen der Ed. Züblin AG beschränken sich die Messreihen zum Nutzerkomfort bei Bilfinger und Berger auf einen Messtag ohne Wiederholungsmessungen.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Anzahl von Messreihen pro Raum, Tag und Jahreszeit können die aus den Messergebnissen rechnerisch ermittelten PMV - Indexe und PPD(%) - Indexe mit den Kategorieabstufungen A bis D nicht miteinander verglichen werden. D.h. der direkte Vergleich der Kategorieabstufungen pro Gebäude ist somit nicht anwendbar.

Nachfolgende Tabelle stellt die unterschiedlichen Vorgehensweisen zu den Messreihen gegenüber:

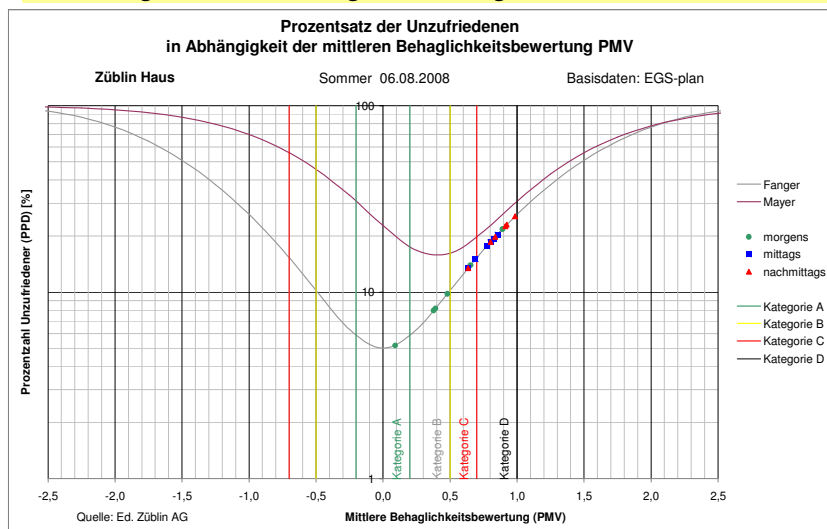
|          |   | <b>Bilfinger und Berger</b>      | <b>Ed. Züblin AG</b>   |
|----------|---|----------------------------------|--|
| <b>1</b> | Durchgeführte Anzahl von Messtagen pro Raum     | Kurzzeit-Messungen an 1 Messtag  | Kurzzeit-Messungen an 3 Messtagen (Sommer, Übergangszeit und Winter) |
| <b>2</b> | Durchgeführte Anzahl von Messreihen pro Messtag | 1 Messreihe pro Raum und Messtag | 3 Messreihen pro Raum und Messtag (morgens, mittags, nachmittags)    |
| <b>3</b> | Anzahl der untersuchten Räume                   |                                  | 6 Räume pro Gebäude  |
| <b>4</b> | Parallel geführte Nutzerumfragen                | (nein)                           | ja   |

Für die Vergleichbarkeit des Nutzerkomforts wurden folgende Diagramme mit Bilfinger und Berger festgelegt:

- Graphische Darstellung der A bis D Kategorieabstufungen nach DIN EN ISO 7730

Basierend auf den Auswertungen von EGS-Plan, die sich aus dem Kurvenmodell nach Fanger beziehen, wurden die Ergebnisse auf die Fangerkurve übertragen.

**Züblin Haus**  
**Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve**

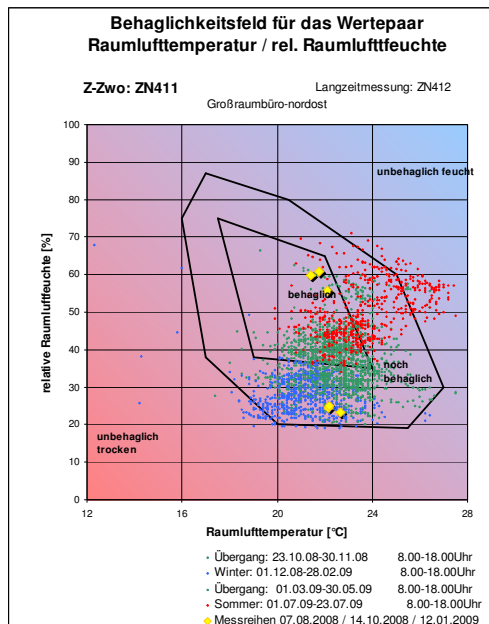


**3.16.2.9.- 3:**

Vorhergesagter Anteil Unzufriedener (PPD(%)) in Abhängigkeit vom vorhergesagten mittleren Votum (PMV) nach Fanger (1982) und Mayer (1998), inkl. Eintrag der Kurzzeitmessungen im Züblinhaus, pro Raum und Tageszeit (Jahreszeit Sommer) auf Kurvenmodell Fanger.

- Behaglichkeitsfelder für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte

Darstellung der Ergebnisse in Behaglichkeitsfeldern für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach F.P. Leusden und H. Freymark [Leusden, Freymark: Darstellung der Raumbehaglichkeiten für den einfachen praktischen Gebrauch. Gesundheits-Ingenieur Jahrgang 72, Seite 271, 1951].



#### 3.16.2.9.- 4:

Behaglichkeitsfeld für das Wertepaar Raumlufttemperatur / relative Luftfeuchte nach Leusden und Freymark (sitzende Tätigkeit, am Beispiel des Raums ZN411, Z-Zwo)

Die Auswertungen sind dem Hauptkapitel 3.11 zu entnehmen.

#### Umsetzung der Ergebnisse für Zukunftsbauten:

- In Großraumbüros, großen Gruppenbüros und Besprechungsräume sind Raumakustikmaßnahmen zur Vermeidung von Störgeräuschen (Gespräche, Telefonaten etc.) zu vermeiden.
- Das Störungsempfinden des Nachbarlärms wird mit einem ausreichenden Schallschutz der Büro- und Flurtrennwände sowie Glastrennwände zu Flurbereichen (Sichtkontakt) reduziert.
- Der Außenlärm wird im Sommer weniger störend empfunden, da hier der Fokus bei der thermischen Behaglichkeit liegt.
- Die empfundene Arbeitsineffektivität der Mitarbeiter nimmt im Sommer zu → thermischer Unbehaglichkeit.
- Die Gesamtbeurteilung des Arbeitsplatzes zum Nutzerkomfort schwankt innerhalb der Jahreszeiten unwesentlich, trotz negativer Bewertung zur thermischen Behaglichkeit im Sommer.

- Gebäude an verkehrsreichen Straßen sowie einer Lüftungsanlagen werden negativer bewertet.
- Bei Lüftungsanlagen sind Befeuchter für die Regulierung der Luftfeuchtigkeit sowie individuelle Bedienungsregler vorzusehen.
- Die Beleuchtung des Arbeitsplatzes durch Tageslicht wird bei Gebäuden mit großen Fensterscheiben geringfügig am positivsten bewertet. Indirekte Beleuchtungssysteme für die Beleuchtung des Arbeitsplatzes werden ebenfalls von den Nutzern am positivsten bewertet.

Ein Qualitätsvergleich mit EnoB - Projekten konnte wegen fehlender Datensätze beim Kriterium Nutzerkomfort nicht erfolgen.

### **3.17 Kennwerttabelle**

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...



**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...



**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

...

### **3.18 Anlagen**

#### **Kapitel 3.2**

##### **Züblin Haus**

- Anlage 1 U - Wert Ermittlung der Bauteile mit Nachweis nach DIN 4108-2
- Anlage 2 Bauteilkatalog für ökologische Bilanzierung

##### **Z-zwo**

- Anlage 1 U - Wert Ermittlung der Bauteile mit Nachweis nach DIN 4108-2
- Anlage 2 Bauteilkatalog für ökologische Bilanzierung

##### **DVA**

- Anlage 1 U - Wert Ermittlung der Bauteile mit Nachweis nach DIN 4108-2
- Anlage 2 Bauteilkatalog für ökologische Bilanzierung

#### **Kapitel 3.4**

##### **Züblin Haus**

- Anlage 1 Beschreibung des Referenzraumes

##### **DVA**

- Anlage 1 Beschreibung des Referenzraumes

#### **Kapitel 3.5**

##### **Züblin Haus**

- Anlage 1 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007
- Anlage 2 Energieausweis nach EnEV 2007
- Anlage 3 Zonierung nach DIN V 18 599
- Anlage 4 Rechnerischer Nachweis nach 1.-3. WSchVo
- Anlage 5 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

##### **Z-zwo**

- Anlage 1 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007
- Anlage 2 Energieausweis nach EnEV 2007
- Anlage 3 Zonierung nach DIN V 18 599
- Anlage 4 Rechnerischer Nachweis nach 1.-3. WSchVo
- Anlage 5 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

##### **DVA**

- Anlage 1 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007
- Anlage 2 Energieausweis nach EnEV 2007
- Anlage 3 Zonierung nach DIN V 18 599
- Anlage 4 Rechnerischer Nachweis nach 1.-3. WSchVo
- Anlage 5 Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

#### **Kapitel 3.6**

##### **Züblin Haus**

- Anlage 1 Ökologische Bilanzierung - TU Darmstadt
- Anlage 2 Ökologische Bilanzierung – TU Darmstadt – Spezialbauteile
- Anlage 3 Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 (Ökobilanzierung) durch Ed. Züblin AG
- Anlage 4 Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile) durch Ed. Züblin AG

Anlage 5 Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG

Anlage 6 Projektkenndaten - Ed. Züblin AG

**Z-zwo**

Anlage 1 Ökologische Bilanzierung - TU Darmstadt

Anlage 2 Ökologische Bilanzierung – TU Darmstadt – Spezialbauteile

Anlage 3 Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 (Ökobilanzierung) durch Ed. Züblin AG

Anlage 4 Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile) durch Ed. Züblin AG

Anlage 5 Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG

Anlage 6 Projektkenndaten - Ed. Züblin AG

**DVA**

Anlage 1 Ökologische Bilanzierung - TU Darmstadt

Anlage 2 Ökologische Bilanzierung – TU Darmstadt – Spezialbauteile

Anlage 3 Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 (Ökobilanzierung) durch Ed. Züblin AG

Anlage 4 Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile) durch Ed. Züblin AG

Anlage 5 Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG

Anlage 6 Projektkenndaten - Ed. Züblin AG

### **Kapitel 3.7**

**Züblin Haus**

Anlage 1 Bewertungstabelle

Anlage 2 Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien

**Z-zwo**

Anlage 1 Bewertungstabelle

Anlage 2 Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien

**DVA**

Anlage 1 Bewertungstabelle

Anlage 2 Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien

### **Kapitel 3.8**

**Züblin Haus**

Anlage 1 Wärmebrückenberechnung (Auszug)

Anlage 2 Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen Wärmebrückenzuschlags

Anlage 3 Bericht Wärmebildaufnahmen

**Z-zwo**

Anlage 1 Wärmebrückenberechnung (Auszug)

Anlage 2 Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen Wärmebrückenzuschlags

Anlage 3 Bericht Wärmebildaufnahmen

**DVA**

Anlage 1 Wärmebrückenberechnung (Auszug)

Anlage 2 Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen Wärmebrückenzuschlags

Anlage 3 Bericht Wärmebildaufnahmen

### **Kapitel 3.9**

Anlage 1 Messbericht Raum- und Bauakustik im Rahmen von REG (EGS Plan)

**Züblin Haus**

Anlage 2 Ist-Werte des Schallschutzes

- Anlage 3 Bewertungstabelle
- Anlage 4 Kurzbeschrieb der Bewertungskriterien

**Z-zwo**

- Anlage 2 Ist-Werte des Schallschutzes
- Anlage 3 Bewertungstabelle
- Anlage 4 Kurzbeschrieb der Bewertungskriterien

**DVA**

- Anlage 2 Ist-Werte des Schallschutzes
- Anlage 3 Bewertungstabelle
- Anlage 4 Kurzbeschrieb der Bewertungskriterien

### **Kapitel 3.10**

**Züblin Haus**

- Anlage 1 Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 879 von EGS - Plan

**Z-zwo**

- Anlage 1 Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 879 von EGS – Plan

**DVA**

- Anlage 1 Messbericht Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13 879 von EGS - Plan

### **Kapitel 3.11**

- Anlage 1 Abschlussbericht Nutzerkomfort-Messungen (EGS Plan)
- Anlage 2 Nutzerkomfort – Auswertungen Nutzerbefragung (EGS Plan)

**Züblin Haus**

- Anlage 3 Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)
- Anlage 4 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsfelder
- Anlage 5 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Fangerkurve
- Anlage 6 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsbereiche am Arbeitsplatz

**Z-zwo**

- Anlage 3 Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)
- Anlage 4 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsfelder
- Anlage 5 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Fangerkurve
- Anlage 6 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsbereiche am Arbeitsplatz

**DVA**

- Anlage 3 Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)
- Anlage 4 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsfelder
- Anlage 5 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Fangerkurve
- Anlage 6 Vergleich der Kurzzeit-Messungen mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) – Behaglichkeitsbereiche am Arbeitsplatz

### **Kapitel 3.13**

- Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Züblin-Haus

- Anlage 2 Erfassungsliste Fassade Z-zwo
- Anlage 3 Erfassungsliste Fassade DVA

### 3.17 Kennwerttabelle

#### Flächen und Rauminhalte

| Daten                                   | Abk.       | Maßeinheit                    | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo                                     | DVA           | Premino       | Artec-<br>Forum | D-Kö 92       |
|---|------------|-------------------------------|---------------------|---|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| <b>DIN 277 (2/2005)</b>                 |            |                               |                     |   |               |               |                 |               |
| BGF = NGF + KGF                         |            |                               | NGF = NF + TF + VF  | (inkl. Halle: BRI 40.908 m <sup>3</sup> ) |               |               |                 |               |
| <b>Brutto-Rauminhalt</b>                | <b>BRI</b> | m <sup>3</sup>                | <b>120.210</b>      | <b>56.023</b>                             | <b>23.594</b> | <b>53.968</b> | <b>k.A.</b>     | <b>41.267</b> |
| Brutto-Rauminhalt oberirdisch           | BRI o      | m <sup>3</sup>                | 94.284              | 28.055                                    | 15.790        | 43.227        | 70.618          | 24.204        |
| Brutto-Rauminhalt unterirdisch          | BRI u      | m <sup>3</sup>                | 25.926              | 27.968                                    | 7.804         | 10.741        | k.A.            | 17.063        |
| Beheizte Gebäudehülle                   | VE         | m <sup>3</sup>                | 61.096              | 28.797                                    | 22.952        | 41.669        | 71.668          | 27.971        |
| <b>Brutto-Grundfläche</b>               | <b>BGF</b> | m <sup>2</sup>                | <b>27.829</b>       | <b>15.632</b>                             | <b>6.963</b>  | <b>14.646</b> | <b>k.A.</b>     | <b>12.943</b> |
| Brutto-Grundfläche oberirdisch          | BGF o      | m <sup>2</sup>                | 19.696              | 7.902                                     | 4.789         | 11.485        | 20.005          | 8.068         |
| Brutto-Grundfläche unterirdisch         | BGF u      | m <sup>2</sup>                | 8.133               | 7.730                                     | 2.174         | 3.161         | k.A.            | 4.875         |
| Konstruktions-Grundfläche               | KGF        | m <sup>2</sup>                | 2.754               | 1.095                                     | 889           | 1.282         | k.A.            | 1.563         |
| <b>Netto-Grundfläche</b>                | <b>NGF</b> | m <sup>2</sup>                | <b>24.281</b>       | <b>14.538</b>                             | <b>6.073</b>  | <b>13.364</b> | <b>24.475</b>   | <b>11.380</b> |
| Netto-Grundfläche oberirdisch           | NGF o      |                               | 17.011              | 7.298                                     | 4.180         | k.A.          | k.A.            | k.A.          |
| Netto-Grundfläche unterirdisch          | NGF u      |                               | 7.270               | 7.240                                     | 1.893         | k.A.          | k.A.            | k.A.          |
| Nutzfläche                              | NF         | m <sup>2</sup>                | 14.359              | 6.338                                     | 4.693         | 13.028        | k.A.            | 7.319         |
| Technische Funktionsfläche              | TF         | m <sup>2</sup>                | 1.357               | 227                                       | 318           | 171           | k.A.            | 550           |
| Verkehrsfläche                          | VF         | m <sup>2</sup>                | 8.566               | 7.972                                     | 1.063         | 164           | k.A.            | 3.511         |
| Geschoßhöhe (Standard-Bürogeschoss)     | GH         | m                             | 3,00                | 3,45                                      | 3,15          | 3,47          | 3,53            | 3,00          |
| lichte Raumhöhe (Standard-Bürogeschoss) | liRh       | m                             | 2,70                | 3,02                                      | 2,66          | 3,00          | 3,21            | 2,50          |
| Netto-Grundfläche, Basis EnEV           | NGF (EnEV) | m <sup>2</sup> NGF (lt. EnEV) | 17.378              | 7.636                                     | 5.718         | 10.683        | 19.113          | 7.486         |
| NGF lt. DGNB Steckbriefe                | NGF (DGNB) | m <sup>2</sup> NGF (lt. DGNB) | 20.841              | 10.860                                    | 6.073         | 11.025        | 21.918          | 9.736         |

#### GIF - Flächenarten

MF-G = NF + TF (iM) + VF (iM) + KGF (leichte Trennwände (iM = individuelle Mieteranforderung))

(inkl. Halle: MF-G2 1.440 m<sup>2</sup>)

|  |             |                |               |              |              |               |               |              |
|--|-------------|----------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|
| <b>Mietfläche</b>                              | <b>MF-G</b> | m <sup>2</sup> | <b>14.724</b> | <b>8175</b>  | <b>5.733</b> | <b>12.178</b> | <b>21.919</b> | <b>7.609</b> |
| Mietfläche oberirdisch (MF-G = MF-G1 + MF-G2)  | MF-G o      | m <sup>2</sup> | 14.703        | 7221         | 3.961        | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Mietfläche unterirdisch (MF-G = MF-G1 + MF-G2) | MF-G u      | m <sup>2</sup> | 21            | 955          | 1.772        | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Exklusive Nutzung (Büroflächen)                | MF-G1       | m <sup>2</sup> | 9.136         | 7.829        | 5.370        | 11.319        | 19.197        | 7.077        |
| Gemeinschaftliche Nutzung (Lager, Keller)      | MF-G2       | m <sup>2</sup> | 5.588         | 346          | 362          | 859           | 2.722         | 532          |
| keine Mietfläche (MF-0 = TF + VF + KGF)        | MF-0        | m <sup>2</sup> | 13.106        | 7.457        | 1.230        | 1.186         | 2.556         | 3.771        |
| NGF o / BGF o                                  |             |                | 0,86          | 0,92         | 0,87         | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| MF-G o / BGF o                                 |             |                | 0,75          | 0,91         | 0,83         | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| BRI g / BGF g                                  |             |                | 4,32          | 3,58         | 3,39         | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| NF / BGF                                       |             |                | 0,52          | 0,41         | 0,67         | 0,89          | k.A.          | 0,57         |
| <b>Fassaden- und Dachflächen ab Erdreich</b>   |             |                | <b>8.929</b>  | <b>4.434</b> | <b>3.483</b> |               |               |              |
| Dachfläche                                     |             | m <sup>2</sup> | 1.858         | 1.352        | 1.307        | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Fassade Nord (DVA Nordost)                     |             | m <sup>2</sup> | 536           | 310          | 279          | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Fassade Ost (DVA Südost)                       |             | m <sup>2</sup> | 3.929         | 1.907        | 1.359        | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Fassade Süd (DVA Südwest)                      |             | m <sup>2</sup> | 536           | 310          | 488          | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Fassade West (DVA (Nordwest))                  |             | m <sup>2</sup> | 3.929         | 1.907        | 1.359        | k.A.          | k.A.          | k.A.         |
| Glashalle                                      |             | m <sup>2</sup> | 3.496         | -            | -            | k.A.          | k.A.          | k.A.         |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

**Nutzung**

| Daten   | Abk.        | Maßeinheit | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo | DVA   | Premino | Artec-<br>Forum | D-Kö 92 |
|---|-------------|------------|---------------------|-------|-------|---------|-----------------|---------|
| <b>IST-Nutzung</b>  |             |            |                     |       |       |         |                 |         |
| Arbeitsplätze gesamt  | Ap          | AP         | 622                 | 472   | 159   | 146     | 669             | k.A.    |
| Zellenbüro [Stk.]   | ZB          | Stk.       | 400                 | 169   | 90    | 139     | 375             | 76      |
| Arbeitsplätze in Zellenbüros [AP]                               |             | AP         | 590                 | 231   | 111   |         |                 |         |
| Kombibüro [Stk.]  | KB          | AP         | -                   | -     | -     | 0       | 0               | 0       |
| Gruppenbüro [Stk.]  | GB          | AP         | 7                   | 12    | 12    | 0       | 0               | 0       |
| AP in Gruppenbüro [AP]  |             |            | 32                  | 58    | 48    |         |                 |         |
| Großraumbüro [Stk.]   | GRB         | AP         | 0                   | 2     | -     | 0       | 1               | 5       |
| AP in Großraumbüros [AP]  |             |            | 0                   | 30    | -     |         |                 |         |
| Zellenbüro [m²] NGF   | ZB          | m²         | 7.756               | 1.923 | 1.406 | 5.084   | 11.553          | 2.336   |
| Kombibüro [m²]  | KB          | m²         | 0                   | 0     | 0     | 0       | 0               | 0       |
| Gruppenbüro (4-8 AP) [m²]                                       | GB          | m²         | 196                 | 2.002 | 683   | 0       | 0               | 0       |
| Großraumbüro (> 8 AP) [m²]                                      | GRB         | m²         | 0                   | 465   | 0     | 0       | 448             | 179     |
| <b>idealisierte Belegung Regelgeschoss je Bürotyp</b>           |             |            |                     |       |       |         |                 |         |
| Zellenbüro [St.]  | ZB          | St.        | 34                  | 26    | 22    | 27      | 6               | 26      |
| AP in Zellenbüros je Regelgeschoss                              |             |            | 62                  | 54    | 43    |         |                 |         |
| Kombibüro [St.]   | KB          | St.        | -                   | 2     | -     | 0       | 0               | 0       |
| AP in Kombibüro je Regelgeschoss                                |             |            | -                   | 64    | -     |         |                 |         |
| Gruppenbüro [St.]   | GB          | St.        | -                   | -     | -     | 12      | 53              | 8       |
| Großraumbüro [St.]  | GRB         | St.        | 4                   | 2     | 2     | 3       | 0               | 4       |
| AP in Großraumbüros je Regelgeschoss                            |             |            | 62                  | 105   | 46    |         |                 |         |
| Bruttogrundrissfläche Regelgeschoss                             | BGF RG      | qm         | 1.260               | 1.307 | 899   |         |                 | 975     |
| Bruttogrundrissfläche Regelgeschoss / Arbeitsplatz Zellenbüro   | BGF RG / AP |            | 20                  | 24    | 21    |         |                 |         |
| Bruttogrundrissfläche Regelgeschoss / Arbeitsplatz Kombibüro    | BGF RG / AP |            | 0                   | 20    | 0     |         |                 |         |
| Bruttogrundrissfläche Regelgeschoss / Arbeitsplatz Großraumbüro | BGF RG / AP |            | 20                  | 12    | 20    |         |                 |         |
| <b>Ist Sonstige Nutzung</b>                                     |             |            |                     |       |       |         |                 |         |
| Kantine [m²]  |             | qm         | 379                 | 0     | 0     | 0       | 446             | 0       |
| Archiv / Lager [m²]   |             | qm         | 1.792               | 564   | 2.068 | 704     | 313             | 1.192   |
| Garage [St.]  |             | SP         | 116                 | 201   | 0     | 70      | 100             | 80      |
| Handel [m²]   |             | qm         | 0                   | 0     | 0     | 0       | 0               | 1.137   |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

**Bau- und Lebenszykluskosten**

| Daten | Abk. | Maßeinheit | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo | DVA | Premino | Artec-<br>Forum | D-Kö 92 |
|-------|------|------------|---------------------|-------|-----|---------|-----------------|---------|
|-------|------|------------|---------------------|-------|-----|---------|-----------------|---------|

NK = Verw. + Inst. + Wart. + Energieverbrauch + Wasserverbrauch + Reinigung + Entsorgung

| Kosten zum Zeitpunkt der Fertigstellung gem. DIN 276      |                |   | (ohne Halle)        |                     |                    |      |      |      |
|---|----------------|---|---------------------|---------------------|--------------------|------|------|------|
| Bauwerk - Baukonstruktionen                               | KGR 300        | € | 13.372.000 €        | 9.852.000 €         | 3.085.000 €        | k.A. | k.A. | k.A. |
| Bauwerk - Technische Anlagen                              | KGR 400        | € | 2.554.000 €         | 1.991.000 €         | 1.132.000 €        | k.A. | k.A. | k.A. |
| Bauwerk   | KGR 300 u. 400 | € | <b>15.926.000 €</b> | <b>11.843.000 €</b> | <b>4.217.000 €</b> | k.A. | k.A. | k.A. |
| Außenanlagen  | KGR 500        | € | 406.000 €           | 579.000 €           | 27.000 €           | k.A. | k.A. | k.A. |
|   | Zeitpunkt      |   | 1985                | 2003                | 2006               |      |      |      |
| theoretische Kosten zum Zeitpunkt 2008 (nach Z1 Gewerken) |                |   | (ohne Halle)        |                     |                    |      |      |      |
| 10-19 Summe Rohbau  |                |   | 6.503.000 €         | 4.598.000 €         | 1.940.000 €        | k.A. | k.A. | k.A. |
| 21-23 Außenhaut Dach                                      |                |   | 250.000 €           | 80.000 €            | 88.000 €           | k.A. | k.A. | k.A. |
| 24-29 Außenhaut Fassade                                   |                |   | 5.451.000 €         | 2.414.000 €         | 899.000 €          | k.A. | k.A. | k.A. |
| 31-44 Innenausbau   |                |   | 4.200.000 €         | 2.585.000 €         | 1.416.000 €        | k.A. | k.A. | k.A. |
| <b>Summe</b>  |                |   | <b>16.404.000 €</b> | <b>9.677.000 €</b>  | <b>4.343.000 €</b> |      |      |      |

| Nutzungskosten (Summe)                    | NK    | €/a | 818.583 € | 373.121 € | 56.561 € | 224.351 € | k.A. | k.A. |
|---|-------|-----|-----------|-----------|----------|-----------|------|------|
| Verwaltungskosten                         | Verw. | €/a | 87.164 €  | 52.188 €  | k.A.     | k.A.      | k.A. | k.A. |
| Instandsetzungskosten                     | Inst. | €/a | 134.348 € | 32.706 €  | k.A.     | 185.386 € | k.A. | k.A. |
| Wartungskosten                            | Wart. | €/a | 69.675 €  | 41.717 €  | k.A.     | 49.528 €  | k.A. | k.A. |
| Entsorgung                                |       | €/a | 15.106 €  | 9.044 €   | k.A.     | k.A.      | k.A. | k.A. |
| Energieverbrauchskosten (Strom + Heizung) |       | €/a | 307.740 € | 122.291 € | 55.574 € | k.A.      | k.A. | k.A. |
| Wasser                                    |       | €/a | 19.018 €  | 4.088 €   | 987 €    | k.A.      | k.A. | k.A. |
| Reinigung                                 |       | €/a | 185.534 € | 111.086 € | k.A.     | 71.766 €  | k.A. | k.A. |

| Lebenszykluskosten (Barwert im Basisjahr), ohne Verwaltungs- u. Kapitalkosten | LCC | € | 49.652.760 € | 21.366.506 € | k.A. | 34.417.928 € | k.A. | k.A. |
|---|-----|---|--------------|--------------|------|--------------|------|------|
| Herstellkosten  |     | € | 31.431.339 € | 13.337.142 € | k.A. | 14.917.058 € | k.A. | k.A. |
| Barwert Instandsetzung im Basisjahr   |     | € | 3.300.072 €  | 803.380 €    | k.A. | 4.402.694 €  | k.A. | k.A. |
| Barwert Wartung im Basisjahr  |     | € | 1.711.462 €  | 1.024.721 €  | k.A. | 1.176.223 €  | k.A. | k.A. |
| Barwert Betrieb im Basisjahr  |     | € | 8.186.907 €  | 3.166.420 €  | k.A. | 7.953.249 €  | k.A. | k.A. |
| Barwert Reinigung im Basisjahr  |     | € | 4.557.394 €  | 2.728.693 €  | k.A. | 1.704.363 €  | k.A. | k.A. |
| Barwert Rückbau im Basisjahr  |     | € | 465.586 €    | 306.151 €    | k.A. | 4.264.341 €  | k.A. | k.A. |
| Gebäudelebenszeit / Betrachtungszeitraum                                      |     | a | 50           | 50           | 50   | 50           | k.A. | k.A. |
| Basisjahr   |     |   | 2008         | 2008         | 2008 | 2008         | k.A. | k.A. |

| Kennwert-Verhältnisse                         |  |      |        |        |      |      |      |      |
|---|--|------|--------|--------|------|------|------|------|
| Herstellkosten durch Summe Lebenszykluskosten |  |      | 63%    | 62%    | k.A. | k.A. | k.A. | k.A. |
| Nutzungskosten durch Summe Lebenszykluskosten |  |      | 37%    | 38%    | k.A. | k.A. | k.A. | k.A. |
| LCC / qm BGF                                  |  | €/qm | 1.784  | 1.367  | k.A. | k.A. | k.A. | k.A. |
| LCC / qm NGF                                  |  | €/qm | 2.045  | 1.470  | k.A. | k.A. | k.A. | k.A. |
| LCC / AP                                      |  | €/AP | 79.828 | 45.268 | k.A. | k.A. | k.A. | k.A. |
| KGR 300+400 / qm BGF                          |  | €/qm | 572    | 758    | 606  | k.A. | k.A. | k.A. |
| KGR 300+400 / qm NGF                          |  | €/qm | 656    | 815    | 694  | k.A. | k.A. | k.A. |



Energetische Qualität der Hülle

| Daten  | Abk.             | Maßeinheit            | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo | DVA         | Premino         | Artec-<br>Forum | D-Kö 92         |
|--|------------------|-----------------------|---------------------|-------|-------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Beheizte Gebäudehülle / beheiztes Gebäudevolumen | A/Ve             | 1/m                   | 0,27                | 0,27  | 0,30        | 0,27            | 0,23            | 0,22            |
| Fensterflächenanteil                             |                  | %                     | 45,00               | 72,00 | 29,00       | 52,80           | 48,00           | 39,10           |
| mittlerer U-Wert                                 | H <sub>T</sub>   | W/(m <sup>2</sup> *K) | 1,10                | 0,93  | 0,84        | 0,96            | 1,15            | 1,26            |
| Wärmebrückenzuschlag lt. EnEV 2007               | ΔWB              | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,15                | 0,10  | 0,10        | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| Wärmebrückenzuschlag real (Berechnung)           | ΔWB - Berechnung | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,162               | 0,148 | 0,128       | nicht ermittelt | nicht ermittelt | nicht ermittelt |
| <b>Wärmedurchgangskoeffizienten</b>              | □                |                       |                     |       |             |                 |                 |                 |
| Dach   | U <sub>DA</sub>  | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,436-0,448         | 0,206 | 0,231       | 0,23            | 0,31            | 0,80            |
| Außenwand  | U <sub>AW</sub>  | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,442-0,555         | 0,308 | 0,298-0,370 | 0,32            | 0,34            | 0,76            |
| Fensterlemente                                   | U <sub>w</sub>   | W/(m <sup>2</sup> *K) | 2,600               | 1,600 | 1,500       | 1,70            | 1,85            | 1,85            |
| Kellerdecke                                      | U <sub>KD</sub>  | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,592               | 0,326 | 0,378       | 0,36            | 0,54            | 2,56            |
| Tiefgarage                                       | U <sub>TG</sub>  | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,335               | 0,326 | -           | 0,36            | 0,54            | 2,56            |
| Bodenplatte                                      | U <sub>BP</sub>  | W/(m <sup>2</sup> *K) | 0,786               | 0,445 | 3,220       | 3,91            | 0,60            | 1,16            |
| (z.Bsp.: g-Wert, Sonnenschutz, Schallschutz)     | Besonderheiten:  |                       |                     |       |             |                 |                 |                 |
| Verglasung                                       | g-Wert           | dimensionslos         | 0,80                | 0,60  | 0,60        | 0,60            | 0,52            | 0,78            |
| Sonnenschutz                                     | FC- Wert         | dimensionslos         | 0,21                | 0,25  | 0,16        | 0,20            | 0,20            | 0,20            |
| Luftwechselrate n50 in [h-1]                     | Luftdichtheit    | 1/h                   | 3,20                | 0,56  | 0,57        | 1,10            | 2,70            | 4,50            |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**  
**Schallschutz (Durchschnittsbüros)**

| Daten  | Abk.         | Maßeinheit | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo                  | DVA                 | Premino     | Artec-<br>Forum | D-Kö 92     |
|--|--------------|------------|---------------------|------------------------|---------------------|-------------|-----------------|-------------|
| Treppenhauswand  | $R'_{w}$     | dB         | -                   | 52                     | 52                  | -           | -               | 59          |
| Trennwände   | $R'_{w}$     | dB         | 40 ... 44           | 37 / 42                | 40                  | 42          | 37              | 42          |
| Trenndecken  | $R'_{w}$     | dB         | 53                  | 59                     | 50                  | 42          | 54              | 42          |
| Trenndecken  | $L'_{n,w}$   | dB         | 53 <sup>1)</sup>    | 50                     | 57                  | 46          | 47              | 43          |
| Trenndecken über Durchfahrten und Tiefgaragen                                      | $R'_{w}$     | dB         | 57                  | 62                     | -                   | -           | -               | -           |
| Trenndecken über Durchfahrten und Tiefgaragen                                      | $L'_{n,w}$   | dB         | 53 <sup>1)</sup>    | 50                     | -                   | 54          | 60              | 48          |
| Trenndecken über Kellern und Fluren  | $R'_{w}$     | dB         | -                   | -                      | -                   | -           | -               | -           |
| Trenndecken über Kellern und Fluren  | $L'_{n,w}$   | dB         | -                   | -                      | -                   | 50          | -               | 52          |
| Treppenpodeste   | $L'_{n,w}$   | dB         | 58                  | 58                     | 58                  | -           | -               | 57          |
| Türen zu Fluren in Mietbereichen   | $R'_{w}$     | dB         | -                   | 27                     | 27                  | -           | -               | 29          |
| Trenndecken zu besonders lauten Räumen (bsp. Technikräume mit $L_{AF} < 80$ dB(A)) | $R'_{w}$     | dB         | -                   | -                      | -                   | -           | -               | -           |
| Trenndecken zu besonders lauten Räumen (bsp. Technikräume mit $L_{AF} < 80$ dB(A)) | $L'_{n,w}$   | dB         | -                   | -                      | -                   | -           | -               | -           |
| Schalldämmmaß Fassade  | $R_{w,Rres}$ | dB         | 37-41               | 32-42                  | 37-48               |             |                 |             |
| Maßgeblicher Außenlärmpegel  | Aussenhülle  | dB(A)      | 60-75               | 60-75                  | 65-80               | 74          | 74              | 76          |
| natürliche Lüftung möglich ?   |              | ja/nein    | ja                  | ja                     | ja/nein             | ja          | ja              | ja          |
| max. mögl. Schallschutz zu Fremdbereichen: Wände                                   | Innenbereich | dB         | -                   | 53                     | 53                  | -           | -               | -           |
| max. mögl. Schallschutz im Eigenbereich: Wände                                     |              | dB         | 44                  | 44                     | 49                  | -           | -               | -           |
| Wertigkeit nach DIN 18 041 ↔ sommerl. WS   | Raumakustik  |            | -                   | -                      | -                   | -           | -               | -           |
| Sonstige Lärmquellen   |              |            | keine               | keine                  | keine               | keine       | keine           | keine       |
| Nachhallzeit Standardbüro  |              | s          | >1,0 <sup>2)</sup>  | 1,4 <sup>2)</sup>      | < 0,8 <sup>2)</sup> | 0,86 - 1,27 | 0,60 - 1,39     | 0,86 - 1,29 |
| Nachhallzeit Großraumbüro  |              |            | >1,0 <sup>2)</sup>  | 1,45-1,6 <sup>2)</sup> | -                   |             |                 |             |
| Bewertungsmatrix   | Gesamtnote   |            | C                   | B                      | B-C                 |             |                 |             |

1) Trittschallschutz hier im Eigenbereich

2) unmöbliert

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**  
**Leistungen (Heizung, Kälte, etc.)**

| Daten                      | Abk. | Maßeinheit | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo | DVA  | Premino | Artec-<br>Forum | D-Kö 92 |
|----------------------------|------|------------|---------------------|-------|------|---------|-----------------|---------|
| Installierte Heizleistung  |      | KW         | 1.500               | 480   | 500  | 700     | 1.500           | 1.000   |
| Installierte Kälteleistung |      | KW         | k.A.                | k.A.  | k.A. | 680     | 500             | 312     |
| Umgewälzte Luftmenge       |      | m³/h       | k.A.                | k.A.  | k.A. | 27.000  | 75.490          | 20.610  |

**Energiebedarf**

| Daten  | Abk. | Maßeinheit   | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo            | DVA              | Premino            | Artec-<br>Forum    | D-Kö 92            |
|--|------|--------------|---------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <b>Primärenergie (absolut) - nach EnEV2007</b> |      |              |                     |                  |                  |                    |                    |                    |
| Heizung  |      | kWh/a        | 4.613.779           | 1.079.773        | 648.464          | 400.612,5          | 710.239,1          | 919.730,0          |
| Warmwasser                                     |      | kWh/a        | 175.515             | 0                | 0                | 368.990,8          | 615.056,3          | 116.257,6          |
| Eingebaute Beleuchtung                         |      | kWh/a        | 653.402             | 232.907          | 191.566          | 660.957,2          | 1.278.468,6        | 460.089,6          |
| Lüftung  |      | kWh/a        | 594.317             | 19.091           | 159.543          | 53.949,2           | 864.289,9          | 69.245,5           |
| Kühlung / Befeuchtung                          |      | kWh/a        | 213.746             | 81.708           | 6.290            | 307.563,6          | 1.157.101,0        | 128.983,8          |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                       |      | <b>kWh/a</b> | <b>6.250.759</b>    | <b>1.413.479</b> | <b>1.005.863</b> | <b>1.792.180,1</b> | <b>4.586.928,9</b> | <b>1.694.306,4</b> |

|   |  |              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|---|--|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Endenergie (absolut) - nach EnEV2007</b> |  |              |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
| Heizung                                     |  | kWh/a        | 4.648.535        | 1.082.064        | 925.234          | 1.099.921,7      | 1.751.897,6      | 923.398,1        |
| Warmwasser                                  |  | kWh/a        | 175.515          | 0                | 0                | 136.635,6        | 227.827,0        | 43.044,5         |
| Eingebaute Beleuchtung                      |  | kWh/a        | 241.550          | 86.290           | 70.908           | 244.854,4        | 473.429,0        | 170.381,4        |
| Lüftung                                     |  | kWh/a        | 220.697          | 6.873            | 58.899           | 19.977,2         | 320.142,8        | 25.677,0         |
| Kühlung / Befeuchtung                       |  | kWh/a        | 79.937           | 30.545           | 2.287            | 113.880,8        | 425.073,1        | 47.760,7         |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                    |  | <b>kWh/a</b> | <b>5.366.234</b> | <b>1.205.772</b> | <b>1.057.328</b> | <b>1.615.270</b> | <b>3.198.369</b> | <b>1.210.262</b> |

|  |  |                 |              |              |              |              |              |              |
|--|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Primärenergie (relativ) - nach EnEV2007</b> |  |                 |              |              |              |              |              |              |
| Heizung  |  | kWh/m² a        | 265,5        | 141,4        | 113,4        | 37,5         | 37,2         | 122,9        |
| Warmwasser                                     |  | kWh/m² a        | 10,1         | 0,0          | 0,0          | 34,5         | 32,2         | 15,5         |
| Eingebaute Beleuchtung                         |  | kWh/m² a        | 37,6         | 30,5         | 33,5         | 61,9         | 66,9         | 61,5         |
| Lüftung  |  | kWh/m² a        | 34,2         | 2,5          | 27,9         | 5,1          | 45,2         | 9,3          |
| Kühlung / Befeuchtung                          |  | kWh/m² a        | 12,3         | 10,7         | 1,1          | 28,8         | 60,5         | 17,2         |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                       |  | <b>kWh/m² a</b> | <b>359,7</b> | <b>185,1</b> | <b>175,9</b> | <b>167,8</b> | <b>240,0</b> | <b>226,3</b> |

|   |  |                 |              |              |              |              |              |              |
|---|--|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Endenergie (relativ) - nach EnEV2007</b> |  |                 |              |              |              |              |              |              |
| Heizung                                     |  | kWh/m² a        | 267,5        | 141,7        | 161,8        | 103,0        | 91,7         | 123,4        |
| Warmwasser                                  |  | kWh/m² a        | 10,1         | 0,0          | 0,0          | 12,8         | 11,9         | 5,8          |
| Eingebaute Beleuchtung                      |  | kWh/m² a        | 13,9         | 11,3         | 12,4         | 22,9         | 24,8         | 22,8         |
| Lüftung                                     |  | kWh/m² a        | 12,7         | 0,9          | 10,3         | 1,9          | 16,8         | 3,4          |
| Kühlung / Befeuchtung                       |  | kWh/m² a        | 4,6          | 4,0          | 0,4          | 10,7         | 22,2         | 6,4          |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                    |  | <b>kWh/m² a</b> | <b>308,8</b> | <b>157,9</b> | <b>184,9</b> | <b>151,3</b> | <b>167,4</b> | <b>161,8</b> |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

**Energiebedarf**

| Daten                                      | Abk. | Maßeinheit                             | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo            | DVA            | Premino          | Artec-<br>Forum  | D-Kö 92          |
|--|------|--|---------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Primärenergie</b>                       |      |  |                     |                  |                |                  |                  |                  |
| Heizung, statisch                          |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            | 2.336.715           | 716.906          | 209.256        | 252.979          | 190.240          | 790.522          |
| Heizung, dynamisch                         |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            |                     |                  |                | 0                | 61.756           | 0                |
| Flächenheizung (z.B: Fußbodenheizung, BKT) |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            |                     |                  |                | 0                | 146.753          | 0                |
| Warmwasser (Strom, Heizenergie)            |      | kWh/a                                  | 0                   | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                |
| Eingebaute Beleuchtung                     |      | kWh/a                                  | 0                   | 355.853          | 318.807        | 0                | 0                | 0                |
| Lüftung                                    |      | kWh/a                                  | 423.224             | 56.697           | 222.779        | 0                | 0                | 3.135            |
| Kühlung / Befeuchtung                      |      | kWh/a                                  | 1.282.809           | 296.475          | 0              | 0                | 0                | 656              |
| nichtzuordenbarer Strom                    |      | kWh/a                                  | 2.511.191           | 914.785          | 141.726        | 1.310.720        | 4.014.603        | 1.724.513        |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                   |      | <b>kWh/a<br/>(Witterungsbereinigt)</b> | <b>6.553.939</b>    | <b>2.340.717</b> | <b>892.568</b> | <b>1.563.699</b> | <b>4.413.352</b> | <b>2.518.826</b> |
| <b>Endenergie</b>                          |      |  |                     |                  |                |                  |                  |                  |
| Heizung, statisch                          |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            | 2.124.287           | 651.733          | 298.937        | 702.719          | 528.446          | 718.656          |
| Heizung, dynamisch                         |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            |                     |                  |                | 0                | 171.546          | 0                |
| Flächenheizung (z.B: Fußbodenheizung, BKT) |      | kWh/a (Witterungsbereinigt)            |                     |                  |                | 0                | 407.646          | 0                |
| Warmwasser (Strom, Heizenergie)            |      | kWh/a                                  | 0                   | 0                | 0              | 0                | 0                | 0                |
| Eingebaute Beleuchtung                     |      | kWh/a                                  | 0                   | 131.797          | 118.077        | 0                | 0                | 0                |
| Lüftung                                    |      | kWh/a                                  | 156.750             | 20.999           | 82.511         | 0                | 0                | 1.161            |
| Kühlung / Befeuchtung                      |      | kWh/a                                  | 475.115             | 109.806          | 0              | 0                | 0                | 243              |
| nichtzuordenbarer Strom                    |      | kWh/a                                  | 930.071             | 338.809          | 52.491         | 485.452          | 1.486.890        | 638.709          |
| <b>Gebäude insgesamt</b>                   |      | <b>kWh/a</b>                           | <b>3.686.221</b>    | <b>1.253.144</b> | <b>552.016</b> | <b>1.188.171</b> | <b>2.594.527</b> | <b>1.358.769</b> |

**Rohstoffe - Materialinanspruchnahme (ohne TGA), Basis Ökodat**

| Daten  | Abk. | Maßeinheit | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo         | DVA          | Premino       | Artec-<br>Forum | D-Kö 92       |
|--|------|------------|---------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------|---------------|
| inkl. TGA  |      |            |                     |               |              |               |                 |               |
| <b>Summe Volumen Baustoffe, Basis Bauteilkatalog Ökobilanzierung</b> |      | <b>cbm</b> | <b>13.007</b>       | <b>11.032</b> | <b>3.582</b> | <b>9.239</b>  | <b>17.089</b>   | <b>8.642</b>  |
| 10-19 Summe Rohbau   |      | %          | 73,5%               | 86,0%         | 64,3%        | 60,5%         | 68,8%           | 77%           |
| 21-23 Außenhaut Dach   |      | %          | 1,1%                | 4,0%          | 7,9%         | 10,5%         | 6,2%            | 2%            |
| 24-29 Außenhaut Fassade  |      | %          | 1,4%                | 1,8%          | 6,8%         | 7,2%          | 4,7%            | 6%            |
| 31-44 Innenausbau  |      | %          | 24,0%               | 8,2%          | 21,0%        | 32,3%         | 29,0%           | 15%           |
| <b>Summe Gewicht Baustoffe, Basis Bauteilkatalog Ökobilanzierung</b> |      | <b>to</b>  | <b>25.452</b>       | <b>24.401</b> | <b>5.931</b> | <b>16.181</b> | <b>35.389</b>   | <b>18.429</b> |
| 10-19 Summe Rohbau   |      | %          | 86,0%               | 94,2%         | 80,4%        | 85,7%         | 83,0%           | 89,4%         |
| 21-23 Außenhaut Dach   |      | %          | 0,6%                | 0,9%          | 2,3%         | 3,8%          | 4,9%            | 0,6%          |
| 24-29 Außenhaut Fassade  |      | %          | 1,1%                | 0,6%          | 1,3%         | 2,3%          | 2,6%            | 3,8%          |
| 31-44 Innenausbau  |      | %          | 12,4%               | 4,3%          | 16,1%        | 8,2%          | 14,5%           | 6,2%          |

Ökologische Qualität (Wirkung auf die globale Umwelt) - ohne Betrieb

| Daten  | Abk.        | Maßeinheit   | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo      | DVA        | Premino    | Artec-<br>Forum | D-Kö 92    |
|--|-------------|--|---------------------|------------|------------|------------|-----------------|------------|
|  |             |  | (NGF ohne TG)       | (NGF DGNB) |            |            |                 |            |
| <b>nach 50 a ohne TGA und ohne Betrieb (relativ)</b> |             |  | (ohne TGA)          | (ohne TGA) | (ohne TGA) | (ohne TGA) | (ohne TGA)      | (ohne TGA) |
| Treibhauspotential                                   | GWP Gesamt  | kg CO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 341                 | 526        | 316        | 466        | 456             | 374        |
| Ozonschichtzerstörungspotential                      | ODP Gesamt  | kg R <sub>11</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 0,00                | 0,00       | 0,00       | 0,00       | 0,00            | 0,00       |
| Ozonbildungspotential                                | POCP Gesamt | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a | 0,1                 | 0,2        | 0,1        | 0,1        | 0,1             | 0,1        |
| Versauerungspotential                                | AP Gesamt   | kg SO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 1,1                 | 1,8        | 1,1        | 1,4        | 1,3             | 0,9        |
| Überdüngungspotential                                | EP Gesamt   | kg PO <sub>4</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 0,2                 | 0,2        | 0,2        | 0,3        | 0,3             | 0,3        |
| <b>Herstellung nach 50 a</b>                         |             |  |                     |            |            |            |                 |            |
| Treibhauspotential                                   | GWP         | %  | 61%                 | 73%        | 71%        | 88%        | 84%             | 75%        |
| Ozonschichtzerstörungspotential                      | ODP         | %  | 80%                 | 99%        | 92%        | 127%       | 122%            | 100%       |
| Ozonbildungspotential                                | POCP        | %  | 60%                 | 69%        | 76%        | 110%       | 95%             | 86%        |
| Versauerungspotential                                | AP          | %  | 57%                 | 66%        | 72%        | 104%       | 98%             | 79%        |
| Überdüngungspotential                                | EP          | %  | 38%                 | 49%        | 40%        | 39%        | 36%             | 33%        |
| <b>Instandhaltung u. Entsorgung nach 50 a</b>        |             |  |                     |            |            |            |                 |            |
| Treibhauspotential                                   | GWP,        | %  | 39%                 | 27%        | 29%        | 12%        | 16%             | 25%        |
| Ozonschichtzerstörungspotential                      | ODP         | %  | 20%                 | 1%         | 8%         | -27%       | -22%            | 0%         |
| Ozonbildungspotential                                | POCP        | %  | 40%                 | 31%        | 24%        | -10%       | 5%              | 14%        |
| Versauerungspotential                                | AP          | %  | 43%                 | 34%        | 28%        | -4%        | 2%              | 21%        |
| Überdüngungspotential                                | EP          | %  | 62%                 | 51%        | 60%        | 61%        | 64%             | 67%        |

Ökologische Qualität (Wirkung auf die globale Umwelt) - mit Betrieb

| Daten   | Abk.                           | Maßeinheit   | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo      | DVA        | Premino   | Artec-<br>Forum | D-Kö 92   |
|---|--------------------------------|--|---------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|
|   |                                |  | (NGF ohne TG)       | (NGF DGNB) |            |           |                 |           |
| <b>nach 50 a ohne/mit TGA und mit Betrieb (relativ)</b> |                                | Betrieb: ermittelt nach DGNB                                       | (ohne TGA)          | (ohne TGA) | (ohne TGA) | (mit TGA) | (mit TGA)       | (mit TGA) |
| Treibhauspotential                                      | GWP, Gesamt                    | kg CO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 3.725               | 2.038      | 2.896      | 3.320     | 3.780           | 1.320     |
| Ozonschichtzerstörungspotential                         | ODP, Gesamt                    | kg R <sub>11</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 0,0                 | 0,0        | 0,0        | 0,0       | 0,0             | 0,0       |
| Ozonbildungspotential                                   | POCP, Gesamt                   | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a | 0,4                 | 0,3        | 0,4        | 0,4       | 0,5             | 0,3       |
| Versauerungspotential                                   | AP, Gesamt                     | kg SO <sub>2</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 4,0                 | 3,1        | 4,3        | 5,7       | 6,5             | 2,8       |
| Überdüngungspotential                                   | EP, Gesamt                     | kg PO <sub>4</sub> -Äqu. / m <sup>2</sup> NGF<br>50a               | 0,4                 | 0,3        | 0,5        | 0,7       | 0,7             | 0,4       |
| <b>Herstellung nach 50 a</b>                            |                                |  |                     |            |            |           |                 |           |
| Treibhauspotential                                      | GWP                            | %  | 6%                  | 19%        | 8%         | 14%       | 11%             | 24%       |
| Ozonschichtzerstörungspotential                         | ODP                            | %  | 5%                  | 21%        | 7%         | 6%        | 4%              | 6%        |
| Ozonbildungspotential                                   | POCP                           | %  | 14%                 | 36%        | 20%        | 35%       | 28%             | 32%       |
| Versauerungspotential                                   | AP                             | %  | 16%                 | 39%        | 18%        | 27%       | 21%             | 30%       |
| Überdüngungspotential                                   | EP                             | %  | 15%                 | 32%        | 14%        | 19%       | 17%             | 23%       |
| <b>Instandhaltung u. Entsorgung nach 50 a</b>           |                                |  |                     |            |            |           |                 |           |
| Treibhauspotential                                      | GWP,                           | %  | 4%                  | 7%         | 3%         | 1%        | 2%              | 6%        |
| Ozonschichtzerstörungspotential                         | ODP                            | %  | 1%                  | 0%         | 1%         | -1%       | 0%              | 1%        |
| Ozonbildungspotential                                   | POCP                           | %  | 9%                  | 16%        | 6%         | -5%       | 0%              | 1%        |
| Versauerungspotential                                   | AP                             | %  | 12%                 | 20%        | 7%         | -2%       | 0%              | 5%        |
| Überdüngungspotential                                   | EP                             | %  | 25%                 | 33%        | 21%        | 27%       | 26%             | 42%       |
| <b>Betrieb nach 50 a</b>                                |                                |  |                     |            |            |           |                 |           |
| Treibhauspotential                                      | GWP,                           | %  | 91%                 | 74%        | 89%        | 85%       | 87%             | 70%       |
| Ozonschichtzerstörungspotential                         | ODP                            | %  | 94%                 | 79%        | 93%        | 95%       | 96%             | 93%       |
| Ozonbildungspotential                                   | POCP                           | %  | 77%                 | 48%        | 74%        | 71%       | 73%             | 67%       |
| Versauerungspotential                                   | AP                             | %  | 71%                 | 41%        | 75%        | 75%       | 80%             | 65%       |
| Überdüngungspotential                                   | EP                             | %  | 60%                 | 34%        | 65%        | 54%       | 57%             | 34%       |
|   | <i>Kontrolle: korrekt 500%</i> |  | 500%                | 500%       | 500%       | 500%      | 500%            | 499%      |

Ressourceninanspruchnahme ohne Betrieb

| Daten  | Abk.       | Maßeinheit                      | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo | DVA   | Premino | Artec-<br>Forum | D-Kö 92 |
|--|------------|---------------------------------|---------------------|-------|-------|---------|-----------------|---------|
| <b>nach 50 a ohne TGA und ohne Betrieb (relativ)</b> |            |                                 |                     |       |       |         |                 |         |
| Primärenergiebedarf gesamt                           | PEges      | kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a    | 1.021               | 1.723 | 1.168 | 1.206   | 1.120           | 792,00  |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                 | PEne       | ne kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a | 944                 | 1.620 | 1.058 | 1.106   | 1.020           | 734,00  |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                       | PEe        | e kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a  | 76                  | 104   | 110   | 100     | 101             | 58,30   |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                       | Anteil PEe | %                               | 7,5%                | 6,0%  | 9,4%  | 8,3%    | 9,0%            | 7,4%    |
| <b>Herstellung</b>                                   |            |                                 |                     |       |       |         |                 |         |
| Primärenergiebedarf gesamt                           | PEges      | %                               | 64%                 | 73%   | 75%   | 112%    | 107%            | 91%     |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                 | PEne       | %                               | 62%                 | 71%   | 73%   | 104%    | 101%            | 89%     |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                       | PEe        | %                               | 83%                 | 113%  | 95%   | 204%    | 172%            | 113%    |
| <b>Instandhaltung u. Entsorgung nach 50 a</b>        |            |                                 |                     |       |       |         |                 |         |
| Primärenergiebedarf gesamt                           | PEges      | %                               | 36%                 | 27%   | 25%   | -12%    | -7%             | 9%      |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                 | PEne       | %                               | 38%                 | 29%   | 27%   | -4%     | -1%             | 11%     |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                       | PEe        | %                               | 17%                 | -13%  | 5%    | -104%   | -72%            | -13%    |

Ressourceninanspruchnahme mit Betrieb

| Daten   | Abk.                    | Maßeinheit                      | Z-HV<br>inkl. Halle | Z-zwo      | DVA        | Premino   | Artec-<br>Forum | D-Kö 92   |
|---|-------------------------|---------------------------------|---------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|
| <b>nach 50 a ohne/mit TGA und mit Betrieb (relativ)</b> |                         |                                 |                     |            |            |           |                 |           |
|   |                         | Betrieb: ermittelt nach DGNB    | (ohne TGA)          | (ohne TGA) | (ohne TGA) | (mit TGA) | (mit TGA)       | (mit TGA) |
| Primärenergiebedarf gesamt                              | PEges                   | kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a    | 16.738              | 8.748      | 12.320     | 44.100    | 10.400          | 8.770     |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                    | PEne                    | ne kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a | 16.452              | 8.553      | 12.037     | 42.700    | 8.400           | 8.050     |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                          | PEe                     | e kWh / m <sup>2</sup> NGF 50a  | 287                 | 195        | 283        | 1.430     | 1.980           | 721       |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                          | Anteil PEe              | -                               | 2%                  | 2,2%       | 2,3%       | 3,2%      | 19,0%           | 8,2%      |
| <b>Herstellung</b>                                      |                         |                                 |                     |            |            |           |                 |           |
| Primärenergiebedarf gesamt                              | PEges                   | %                               | 4%                  | 14%        | 7%         | 12%       | 13%             | 9%        |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                    | PEne                    | %                               | 4%                  | 13%        | 6%         | 3%        | 14%             | 10%       |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                          | PEe                     | %                               | 22%                 | 60%        | 37%        | 15%       | 9%              | 10%       |
| <b>Instandhaltung u. Entsorgung nach 50 a</b>           |                         |                                 |                     |            |            |           |                 |           |
| Primärenergiebedarf gesamt                              | PEges                   | %                               | 2%                  | 5%         | 2%         | -2%       | -1%             | 1%        |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                    | PEne                    | %                               | 2%                  | 6%         | 2%         | 0%        | 0%              | 0%        |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                          | PEe                     | %                               | 4%                  | -7%        | 2%         | -7%       | -4%             | -1%       |
| <b>Betrieb nach 50 a</b>                                |                         |                                 |                     |            |            |           |                 |           |
| Primärenergiebedarf gesamt                              | PEges                   | %                               | 94%                 | 80%        | 91%        | 90%       | 87%             | 90%       |
| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar                    | PEne                    | %                               | 94%                 | 81%        | 91%        | 97%       | 86%             | 90%       |
| Primärenergiebedarf erneuerbar                          | PEe                     | %                               | 73%                 | 47%        | 61%        | 92%       | 94%             | 91%       |
|   | Kontrolle: korrekt 300% |                                 | 300%                | 300%       | 300%       | 300%      | 300%            | 300%      |



**Ausgesuchte Kennwerte für Büroneubau Z3**

| Kennwert  | Einheit                                   | HV     | Z-zwo   | DVA                | PH                       | EnOB <sup>1)</sup>      | Z3    | Anmerkung   |
|---|---|--------|---------|--------------------|--------------------------|-------------------------|-------|---|
| BGF (nach DIN)  | m <sup>2</sup>                            | 27.829 | 15.632  | 6.963              | -                        | 2.000 - 22.000          | 7.000 |   |
| NGF (nach DIN)  | m <sup>2</sup>                            | 24.281 | 14.538  | 6.073              | -                        | 1.600 - 20.000          | 6.300 |   |
| Nutzer (Arbeitsplätze gesamt)   | AP  | 622    | 472     | 159                | -                        | 50 - 800                | 250   |   |
| Büroplätze (Arbeitsplätze gesamt)   | AP  | 622    | 472     | 159                | -                        | 50 - 800                | 250   |   |
| HNF   | m <sup>2</sup>                            | 9.053  | 4.680   | 3695 <sup>A)</sup> | -                        | -                       | -     |   |
| HNF ohne Stellplätze/NGF (NGF = Energiebezugsfläche)<br><sup>B)</sup>                       | Faktor                                    | 0,52   | 0,61    | 0,65               | -                        | 0,49 - 0,78             | -     |   |
| A/V (Beheizte Gebäudehülle / beheiztes Gebäudevolumen)                                      | m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>            | 0,27   | 0,27    | 0,30               | -                        | 0,15 - 0,35             | -     | Ziel Z3 - gutes A/V-Verhältnis                              |
| mittlerer U-Wert <sup>C)</sup>  | W/m <sup>2</sup> K                        | 1,10   | 0,93    | 0,84               | 0,15 / 0,8 <sup>5)</sup> | 0,21 - 0,70             | -     | opake Bauteil 0,15 / Verglasung 0,8                         |
| Fensterflächen A <sub>F</sub> <sup>D)</sup>   | m <sup>2</sup>                            | 4.500  | 3.174   | 755                | -                        | -                       | -     |   |
| A <sub>F</sub> / m <sup>2</sup> NGF   | m <sup>2</sup>                            | 0,19   | 0,22    | 0,12               | -                        | 0,15 - 0,33             | -     |   |
| Kostengruppe 300 <sup>E)</sup>  | €/m <sup>2</sup> NGF                      | 551    | 678     | 508                | -                        | 750 - 1.200             | -     |   |
| Kostengruppe 400  | €/m <sup>2</sup> NGF                      | 105    | 137     | 186                | -                        | 200-500                 | -     |   |
| Primärenergie Verbrauch (mit Strom in der Fläche) <sup>F)</sup>                             | kWh/m <sup>2</sup> NGF beheizt a          | 377    | 307     | 156 G)             | 120                      | -                       | -     |   |
| Primärenergie Verbrauch (ohne Strom in der Fläche)  | kWh/m <sup>2</sup> NGF beheizt a          | -      | -       | -                  | -                        | 100 <sup>2)</sup>       | 0     |   |
| EE Verbrauch Heizung <sup>H)</sup>  | kWh /m <sup>2</sup> NGF beheizt a         | 122    | 85      | 52                 | 15                       | 15 - 128 <sup>4)</sup>  | -     |   |
| EE Verbrauch Lüftung <sup>I)</sup>  | kWh /m <sup>2</sup> NGF beheizt a         | 9      | 3       | 4                  | -                        | -                       | -     |   |
| EE Verbrauch Kühlung <sup>K)</sup>  | kWh/m <sup>2</sup> NGF beheizt a          | 27     | 14      | - L)               | -                        | -                       | -     |   |
| EE Verbrauch Elektro (Beleuchtung + Betriebsstrom)<br>mit Strom in der Fläche <sup>M)</sup> | kWh /m <sup>2</sup> NGF beheizt a         | 54     | 62      | 30                 | -                        | 10 - 117 <sup>4)</sup>  | -     |   |
| Energieeffizienzfläche  | m <sup>2</sup> NGF beheizt                | 17.378 | 7.636   | 5.718              | -                        | -                       | -     |   |
| GWP CO2 (Bau und Betrieb ohne TGA) / m <sup>2</sup> NGF DGNB<br>über 50 Jahre               | kg CO2-Äqu. / m <sup>2</sup> NGF DGNB 50a | 3.725  | 2.038   | 2.896              | -                        | -                       | -     |   |
| Baustoffgewicht gesamt (ohne TGA) / m <sup>2</sup> BGF                                      | to / m <sup>2</sup> BGF                   | 0,91   | 1,56 N) | 0,85               | -                        | -                       | -     |   |
| Luftdichtigkeit / Luftwechselrate n50   | 1/h                                       | 3,20   | 0,56    | 0,57               | 0,6                      | 0,2 - 1,2 <sup>3)</sup> | -     | Grenzwert Gebäude mit<br>raumluftechnischen Anlagen 1,5 1/h |

1) Quelle der Werte: "Bürogebäude mit Zukunft" von Prof. Karsten Voss, Seite 265-271

2) Quelle: "Bürogebäude mit Zukunft" von Prof. Karsten Voss, Seite 183

3) Quelle: "Bürogebäude mit Zukunft" von Prof. Karsten Voss, Seite 61

4) Quelle: "Bürogebäude mit Zukunft" von Prof. Karsten Voss, Seite 216

5) Quelle: Homepage Passivhausinstitut - Passivhaus Qualitätsanforderungen

A) HNF ohne Stellplatzflächen, da diese Flächen nicht ermittelt wurden

B) HNF ohne Stellplatzflächen, da diese Flächen nicht ermittelt wurden

C) Bezugsfläche ist beheizte NGF (Quelle: F. Greiner); gilt auch für Werte aus EnOB (Quelle: H. Hans)

D) Quelle Frau Greiner

E) niedrige Werte wurden von Herrn Kleppe bestätigt Grundlage sind die Projektdatenblätter des GU (Quelle: Schaffer); Bezugsflächen bei EnOB-Gebäuden nicht eindeutig - Ziel: Energiebezugsfläche als NFG (Quelle: H. Hans)

F) Der Primärenergie-verbrauch ist nicht vergleichbar, da er durch die Faktoren je nach Standort und Politik verändert wird (Quelle: Genswein)

G) Wert weicht ab, da das Gebäude mit Fernwärme versorgt wird (Quelle: Genswein)

H) Einheit EE Heizung ist eigentlich kWh thermisch (Quelle: Genswein)

I) Einheit EE Heizung ist eigentlich kWh thermisch oder elektrisch (Quelle: Genswein)

K) Einheit EE Heizung ist eigentlich kWh thermisch (Quelle: Genswein)

L) keine Kühlung vorhanden

M) Einheit EE Heizung ist eigentlich kWh elektrisch (Quelle: Genswein)

N) hohes Gewicht bedingt durch zusätzlichen Materialaufwand bei Flachdecken (Stahl + Beton), Magerbetonplombe unter Bodenplatte, 60cm starke Bodenplatte (Quelle: Weil / Deuscher)



## **4 Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen**

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |          |
|----------|---|----------|
| <b>4</b> | <b>Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen .....</b>  | <b>3</b> |
| 4.1      | Vorwort.....  | 3        |
| 4.2      | Technologieliste .....  | 5        |
| 4.3      | Bericht Fraunhofer Institut .....   | 6        |
| 4.4      | Evaluierungsprojekte über neue Gebäudetechnologien<br>aus dem Netzwerk Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch ..... | 7        |
| 4.5      | Innovative Gebäudekonzepte der Zukunft .....  | 8        |

## 4 Praxistauglichkeit verfügbarer Innovationen

### 4.1 Vorwort

Immobilien verbrauchen heute durch Bau und Betrieb einen erheblichen Anteil der natürlichen Ressourcen. Hinsichtlich energetischer Einsparmöglichkeiten stellt der Bausektor den Bereich mit dem größten Potenzial dar; er verursacht 40% des Gesamtenergieverbrauchs.<sup>1</sup> Durch eine Sanierung aller Bestandsgebäude und einer entsprechenden Ausbildung von Neubauten bis zum Jahr 2020 könnten pro Jahr 40 Mrd. Euro an Heizkosten und ca. 150 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Um diese Einsparpotentiale konsequent anzugehen, ist es notwendig tief greifende Veränderungen im Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden vorzunehmen.

Die nachfolgenden Berichte des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation und der EGS-plan GmbH, bieten eine Übersicht zu Technologien, Systemen, Komponenten und Prozessen zur Steigerung der Ressourceneffizienz von Büroimmobilien und kombinieren diese zu zukunftsweisenden Gebäudekonzepten. Die Auswahl der dargestellten Innovationen wird in einem iterativen Prozess, unterstützt durch Experten aus Wirtschaft und Forschung, getroffen.

Das vorliegende Arbeitspaket ist in 3 Bereiche gegliedert:

Im ersten Teil hat das Fraunhofer IAO einen umfangreichen Überblick an Technologien erarbeitet, die im Stadium der Erprobung oder kurz vor der Markteinführung stehen.

Der Technologienüberblick identifiziert die erfolgversprechendsten Innovationen und gliedert sie in Themenfelder. Zunächst wird ein großer Innovations-Pool mit Hilfe von Interviews, einschlägigen Informationsquellen und durch Besuche von Fachmessen erstellt. Diese erste Sammlung wird anschließend durch Experten geordnet und reduziert. Alle, in dieser reduzierten Sammlung, aufgelisteten Technologien erhalten eine Beschreibung, eine Übersicht der Vor- und Nachteile und möglichen Anwendungsbarrieren. Jede Technologie wird abschließend, relativ zu einem Referenzprodukt des Themengebiets, anhand von fünf Kriterien bewertet, so dass eine themenfeldübergreifende Auswertung gewährleistet ist.

Im zweiten Teil des vorliegenden Arbeitspaketes analysieren Herr Dr. Boris Mahler und Herr Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch, von der EGS-plan GmbH, mehrere Gebäude im Alltagsbetrieb. Hierbei verbaute technische Innovationen im Bereich Energieeffizienz werden untersucht und hinsichtlich der Nachhaltigkeitskriterien Energieeffizienz, Nutzerkomfort, Nutzerzufriedenheit und Praxistauglichkeit beurteilt. Die untersuchten Gebäude sind über Steckbriefe beschrieben und bewertet. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Gebäude- und Systemkonzepten. Positive und negative Aspekte sind für die Zeit der Konzeption und des Betriebs aufgelistet.

---

<sup>1</sup> BMVBS: Pressemitteilung vom 12.01.2010

Im dritten Teil beschreibt Herr Dr. Boris Mahler von der EGS-plan GmbH einen Weg zu innovativen Gebäudekonzepten der Zukunft. Er erarbeitet die Grundlagen der zukünftigen Gebäudekonzepte, identifiziert die Stellschrauben und kombiniert innovative Technologien zu Gebäudekonzepten.

## 4.2 Technologielliste

### **4.3 Bericht Fraunhofer Institut**

#### **4.4 Evaluierungsprojekte über neue Gebäudetechnologien aus dem Netzwerk Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch**

## **4.5 Innovative Gebäudekonzepte der Zukunft**



**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |    |    | Eingrenzung  |   |
|--|----|----|--|---|
| 1.                                       | 0. | 0  | <b><u>Wärme-, Kälte-, Strom-Bereitstellung</u></b>   |   |
| 1.                                       | 1. | 0  | <b><u>Kraft-Wärme-Kälte Kopplung</u></b>   |   |
| 1.                                       | 1. | 1  | Blockheizkraftwerk   | 5 |
| 1.                                       | 1. | 2  | Stirlingmotor  | 5 |
| 1.                                       | 1. | 3  | Brennstoffzelle  | 1 |
| 1.                                       | 1. | 4  | Peltier-Element  | 1 |
| 1.                                       | 1. | 5  | Wirkungsprinzip Wärmepumpen: - Adsorption  | 3 |
| 1.                                       | 1. | 6  | Wirkungsprinzip Wärmepumpen:<br>- Absorption   | 3 |
| 1.                                       | 1. | 8  | Thermische Kälteerzeugung mit Dampfstrahlkältemaschine: Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK-Anlage) | 3 |
| 1.                                       | 1. | 9  | Wirkungsprinzip Wärmepumpen: Magnetokalorischer Effekt   | 1 |
| 1.                                       | 1. | 10 | Optimierte Verbrennungstechnologien  | 1 |
| 1.                                       | 1. | 11 | Organic Rankine Cycle  | 3 |
| 1.                                       | 1. | 12 | Kalina-Prozess   | 3 |
| 1.                                       | 2. | 0  | <b><u>Elektrische Verdichter: Wärmepumpen und Kompressionskältemaschinen</u></b>                 |   |
| 1.                                       | 2. | 1  | Zentrale Wärmepumpe  | 5 |
| 1.                                       | 2. | 2  | Dezentrale Wärmepumpe  | 5 |
| 1.                                       | 2. | 3  | Expansions- Kompressionskältemaschine mit CO2  | 5 |
| 1.                                       | 2. | 4  | Wärmegewinnung Umgebungswärme:<br>Luft-Luft-Wärmepumpe (Innenluft)                               | 2 |
| 1.                                       | 2. | 5  | Luft-Luft-Wärmepumpe (Außenluft)   | 2 |
| 1.                                       | 2. | 6  | Elektrowärmepumpe zur Beheizung und Warmwasserbereitung  | 2 |
| 1.                                       | 2. | 7  | Kopplung von Wärmepumpen   | 1 |
| 1.                                       | 3. | 0  | <b><u>Photovoltaik</u></b>   |   |
| 1.                                       | 3. | 1  | Dünnschichtphotovoltaik-Scheiben, Silizium-Dünnschicht-Module                                    | 5 |
| 1.                                       | 3. | 2  | Hocheffiziente Laserleistungszellen  | 5 |
| 1.                                       | 3. | 3  | Farbstoffsolarzellen (Grätzel- Zelle)  | 5 |
| 1.                                       | 3. | 4  | Konzentrator-Zellen (FLATCON-Technologie)  | 5 |
| 1.                                       | 3. | 5  | Solare Fassadeneindeckung (Solartec)   | 5 |
| 1.                                       | 3. | 6  | Fluoreszenzkollektor auf PMMA Basis  | 5 |
| 1.                                       | 3. | 7  | Dünnschichten auf Glas die bestimmte Lichtwellenlängen leiten                                    | 1 |
| 1.                                       | 3. | 8  | Inkjet-Technologie   | 4 |
| 1.                                       | 3. | 9  | Monokristalline Solarmodule  | 2 |
| 1.                                       | 3. | 10 | Multikristalline oder polykristalline Solarmodule  | 2 |
| 1.                                       | 3. | 11 | Glas-Glas-Module   | 2 |
| 1.                                       | 3. | 12 | Photovoltaikanlage, großflächige   | 2 |
| 1.                                       | 3. | 13 | Sollarzellen: Organische Solarzellen für mobile energieautarke Systeme                           | 1 |
| 1.                                       | 3. | 14 | PV-Dachbahn (Evalon Solar)   | 2 |
| 1.                                       | 3. | 15 | Gebäudeintegrierte Photovoltaik  | 4 |
| 1.                                       | 4. | 0  | <b><u>Hybride Versorgungskonzepte</u></b>  |   |
| 1.                                       | 4. | 1  | Solar-Brennwert-Kombination  | 4 |
| 1.                                       | 4. | 2  | Autonome Stromversorgungssysteme: optimiertes Batteriemanagementsystem                           | 2 |
| 1.                                       | 4. | 3  | Autonome Stromversorgungssysteme: neue Kommunikationsstandarts für PV-Hybridssysteme             | 2 |

**Bewertungsschema**

1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |   | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|---|-------------|
| 1.                                       | 4.        | 4        | Luft/Wasser-Wärmepumpe mit integrierter Lüftung und Solaranbindung                                  | 4           |
| 1.                                       | 4.        | 5        | Solar-Stirling-Anlage: Koppelung von Solarthermie und Stirling-Motor                                | 1           |
| <b>2.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energiequellen und Energiesenken</u></b>  |             |
| <b>2.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Biomasse</u></b>  |             |
| 2.                                       | 1.        | 1        | Scheitholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel  | 5           |
| 2.                                       | 1.        | 2        | Biogasnutzung aus Abfall und Abwasser   | 5           |
| 2.                                       | 1.        | 3        | Planzenöl   | 3           |
| <b>2.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Geothermie</u></b>  |             |
| 2.                                       | 2.        | 1        | Grundwasserbrunnen  | 5           |
| 2.                                       | 2.        | 2        | Erdwärmsonde  | 5           |
| 2.                                       | 2.        | 3        | Erdwärmsonde mit CO2 als Wärmeträger  | 5           |
| 2.                                       | 2.        | 4        | Fundamentabsorber   | 5           |
| 2.                                       | 2.        | 5        | Energiepfähle   | 5           |
| 2.                                       | 2.        | 6        | Aktivsonden / Integralbrunnen   | 1           |
| 2.                                       | 2.        | 7        | Flachkollektor  | 2           |
| 2.                                       | 2.        | 8        | Luft-Erdwärmetauscher   | 3           |
| 2.                                       | 2.        | 9        | Tiefe Geothermie  | 3           |
| <b>2.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Solare Energiegewinnung</u></b>   |             |
| 2.                                       | 3.        | 1        | Vakuum-Röhrenkollektoren  | 5           |
| 2.                                       | 3.        | 2        | Parabolrinnenkollektor (solare Prozesswärme)  | 5           |
| 2.                                       | 3.        | 3        | Fresnel-Kollektoranlage (solare Prozesswärme)   | 5           |
| 2.                                       | 3.        | 4        | Hybridkollektor (Solarthermie+PV)   | 4           |
| 2.                                       | 3.        | 5        | Solarglaskollektor mit Solarglas (Spezialglas)  | 3           |
| 2.                                       | 3.        | 6        | Integration von Solarthermie in Systemfassade   | 4           |
| 2.                                       | 3.        | 7        | Solarwand   | 4           |
| 2.                                       | 3.        | 8        | Spezialgläser   | 2           |
| 2.                                       | 3.        | 9        | Zonierung (Pufferzonen, mikroklimatische Hülle, Atriumhaus)   | 2           |
| 2.                                       | 3.        | 10       | Solarputz: Vielzahl mikrofeiner Keramik-Hohlkugeln im Inneren des Solarputzes, passive Solargewinne | 2           |
| 2.                                       | 3.        | 11       | Aktive Solarfassaden (SOLABS)   | 4           |
| 2.                                       | 3.        | 12       | Polymermaterialien für die Solarthermie   | 1           |
| 2.                                       | 3.        | 14       | Asphalt als Solarkollektor  | 3           |
| <b>2.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Luft</u></b>  |             |
| 2.                                       | 4.        | 1        | Umgebungsluft für Wärmepumpen   | 3           |
| 2.                                       | 4.        | 2        | Freie Rückkühlung   | 2           |
| 2.                                       | 4.        | 3        | Mechanische Rückkühlung   | 2           |
| 2.                                       | 4.        | 4        | Verdunstungskühlung (Hybridkühlung)   | 2           |
| <b>2.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Wasser</u></b>  |             |
| 2.                                       | 4.        | 1        | Abwasserkanal   | 3           |
| 2.                                       | 4.        | 2        | Oberflächenwasser   | 3           |
| <b>2.</b>                                | <b>5.</b> | <b>0</b> | <b><u>Tunnel</u></b>  |             |
| 2.                                       | 5.        | 1        | Energietübbing  | 1           |
| 2.                                       | 5.        | 2        | Kollektorrohre Frischbeton  | 1           |
| <b>3.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energiespeicherung, -verteilung und -übergabe</u></b>   |             |
| <b>3.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Kältespeicher</u></b>   |             |

**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |   | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|---|-------------|
| 3.                                       | 1.        | 1        | Statischer Eisspeicher  | 5           |
| 3.                                       | 1.        | 2        | Großkältespeicher   | 5           |
| <b>3.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energiespeicherung und -übergabe</u></b>  |             |
| 3.                                       | 2.        | 1        | Bauteilaktivierung  | 5           |
| 3.                                       | 2.        | 2        | Bauteilaktivierung mit PCM  | 5           |
| 3.                                       | 2.        | 3        | Pufferspeicher für Erdeinbau  | 5           |
| 3.                                       | 2.        | 4        | Putz mit PCM-Anteilen   | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 5        | PCM in Estrich  | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 6        | Beton mit PCM   | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 7        | PCM in Kühldecken und Akustikdecken   | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 8        | Farbanstriche mit PCM   | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 9        | Verwendung von PCM in Gipskarton-Ständerwänden  | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 10       | Konvektoren auf PCM-Basis   | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 11       | Thermochemische Wärmespeicher: Granulat aus Silicagel (stark hygroskopisch)                                 | 1           |
| 3.                                       | 2.        | 12       | Saisonale Wärmespeicherung  | 3           |
| 3.                                       | 2.        | 13       | glasfaserverstärkte Kunststoffe für den Wärmespeicherbau: Ersatz für Betonkonstruktionen durch GFK-Tragwerk | 3           |
| 3.                                       | 2.        | 14       | Niedertemperaturspeicher: Solare Warmwasserspeicher   | 3           |
| 3.                                       | 2.        | 15       | Solare Pufferspeicher   | 3           |
| 3.                                       | 2.        | 16       | Solare Kombispeicher  | 3           |
| <b>3.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energieübergabe</u></b>   |             |
| 3.                                       | 3.        | 1        | Flächenheizung und -kühlung (allgemein)   | 5           |
| 3.                                       | 3.        | 2        | Deckenstrahlungsheizung   | 5           |
| 3.                                       | 3.        | 3        | Strahlungsoptimierte Heizkörper   | 5           |
| 3.                                       | 2.        | 4        | Dezentrales System zur Heizungs- und Warmwasserversorgung   | 5           |
| 3.                                       | 3.        | 5        | Industriefußbodenheizung  | 2           |
| 3.                                       | 3.        | 6        | Fensterrahmen Heizung   | 1           |
| 3.                                       | 3.        | 7        | Thermoaktive Fertigteile  | 4           |
| 3.                                       | 3.        | 8        | Infrarot-Konditionierung  | 4           |
| 3.                                       | 3.        | 9        | Dunklerstrahler   | 2           |
| <b>3.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Netzhydraulik und Pumpen</u></b>  |             |
| 3.                                       | 4.        | 1        | Permanentmagnet-Technologie   | 5           |
| 3.                                       | 2.        | 2        | Warm-/Kaltwasserverteiler (Zortströmverteiler)  | 5           |
| 3.                                       | 4.        | 3        | Hydropneumatische Pumpen  | 3           |
| 3.                                       | 4.        | 4        | Continuum- Pumpenreihe  | 3           |
| 3.                                       | 4.        | 5        | Hydrodynamische Wasser-Wärme-Verteilung (Strahlpumpen)  | 3           |
| 3.                                       | 4.        | 6        | Dezentrale Miniaturpumpen   | 1           |
| <b>3.</b>                                | <b>5.</b> | <b>0</b> | <b><u>Stromspeicher</u></b>   |             |
| 3.                                       | 5.        | 1        | Wasserstofftechnologie: Reformer-Brennstoffzellen-Modul für 350W  | 3           |
| 3.                                       | 5.        | 2        | Wasserstoffspeicherung auf der Basis von chemischen Hydriden  | 3           |
| 3.                                       | 5.        | 3        | Entwicklung eines Katalysators für ein Pyrolysystem   | 3           |
| 3.                                       | 5.        | 4        | Wasserstofferzeugung aus Diesel (Stromversorgung an Bord von Schiffen)                                      | 3           |
| 3.                                       | 5.        | 5        | Energiespeicher: Vanadium Redox Durchflussbatterie FB10/100   | 3           |
| 3.                                       | 5.        | 6        | Pumpspeicherkraftwerk (Strompuffer)   | 2           |
| 3.                                       | 5.        | 7        | Druckluftspeicher (Strompuffer)   | 1           |
| 3.                                       | 5.        | 8        | Großkühlhäuser als Strompuffer (Strompuffer)  | 3           |

**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |   | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|---|-------------|
| 3.                                       | 5.        | 9        | Mobile Speicherung in Batterien Elektroautos  | 1           |
| <b>3.</b>                                | <b>6.</b> | <b>0</b> | <b><u>Saisonale Wärmespeicherung</u></b>  |             |
| 3.                                       | 6.        | 1        | Aquiferspeicher   | 3           |
| 3.                                       | 6.        | 2        | Kies/Wasser-Wärmespeicher   | 3           |
| 3.                                       | 6.        | 3        | Heißwasser-Wärmespeicher  | 3           |
| 3.                                       | 6.        | 4        | Felskavernenspeicher  | 3           |
| <b>4.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energierückgewinnung</u></b>  |             |
| <b>4.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energierückgewinnung</u></b>  |             |
| 4.                                       | 1.        | 1        | Sorptionsklimasysteme   | 5           |
| 4.                                       | 1.        | 2        | Energierückgewinnung bei Aufzügen   | 5           |
| 4.                                       | 1.        | 3        | Abwärme von industriellen Anlagen   | 2           |
| 4.                                       | 1.        | 4        | Rotationswärmeübertrager  | 2           |
| 4.                                       | 1.        | 5        | Kreuzstromwärmeübertrager   | 2           |
| <b>5.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Lüftung und Luftqualität; Klimatisierung</u></b>  |             |
| <b>5.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Luftreinigung (olfaktorisch, Schadstoffe)</u></b>   |             |
| 5.                                       | 1.        | 1        | Teppich mit photokatalytischer Wirkung (Katalysator-Teppiche)   | 5           |
| 5.                                       | 1.        | 2        | Innenfarben mit photokatalytischer Beschichtung   | 5           |
| 5.                                       | 1.        | 3        | Funktionsbaustoff: Bauplatten mit Luftschadstoff-Filter   | 3           |
| 5.                                       | 1.        | 4        | Funktionsbaustoff: Innenfarbe mit TiO2 Pigmenten  | 3           |
| 5.                                       | 1.        | 5        | Analysetool Lüftqualität: Ideal Cabin Environment   | 1           |
| 5.                                       | 1.        | 6        | Analyse Innenraumtemperatur: Parameter-basiertes Modell   | 1           |
| 5.                                       | 1.        | 7        | e-ion Luftreinigungssystem mit Patrol Sensor: Wandklimagerät  | 2           |
| 5.                                       | 1.        | 8        | Pflasterstein mit CO <sup>2</sup> -Umwandlung: durch Photokatalyse-Beschichtung                         | 2           |
| <b>5.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Unkonditioniere Lüftung</u></b>   |             |
| 5.                                       | 2.        | 1        | Nachtlüftung  | 5           |
| 5.                                       | 2.        | 2        | Automatische Fensterlüftung   | 2           |
| 5.                                       | 2.        | 3        | Entwicklung neuer Fassadenöffnungsmöglichkeiten   | 1           |
| <b>5.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Dezentrale Lüftung</u></b>  |             |
| 5.                                       | 2.        | 1        | Ökolüfter   | 5           |
| 5.                                       | 3.        | 2        | Falzlüfter  | 1           |
| 5.                                       | 3.        | 3        | Dezentrale Lüftung mit Latentwärmespeicher  | 4           |
| <b>5.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Dezentrale Kälte</u></b>  |             |
| 5.                                       | 4.        | 1        | Inverter-Technologie  | 1           |
| <b>5.</b>                                | <b>5.</b> | <b>0</b> | <b><u>Mechanische Lüftung</u></b>   |             |
| 5.                                       | 5.        | 1        | Hybride Lüftung   | 1           |
| 5.                                       | 5.        | 2        | Türluftschleier-Wärmepumpensystem   | 2           |
| 5.                                       | 5.        | 3        | Luftschleier + WRG  | 2           |
| 5.                                       | 5.        | 4        | Hocheffiziente Ventilatoren   | 1           |
| <b>6.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Lichttechnik und Gläser<br/>(Kunst- und Tageslicht, Überhitzungsschutz,<br/>Transmission)</u></b> |             |
| <b>6.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Leuchtmittel</u></b>  |             |

**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |   | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|---|-------------|
| 6.                                       | 1.        | 1        | LED   | 5           |
| 6.                                       | 1.        | 2        | OLED  | 5           |
| 6.                                       | 1.        | 3        | Leuchtstofflampe (T5)   | 5           |
| 6.                                       | 1.        | 4        | Halogen-Metaldampflampen  | 3           |
| 6.                                       | 1.        | 5        | Halogenglühlampe  | 3           |
| <b>6.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Intelligente Sonnenschutzgläser</u></b>   |             |
| 6.                                       | 2.        | 1        | Sonnenschutzverglasung  | 5           |
| 6.                                       | 2.        | 2        | Elektrochrome Schichten   | 5           |
| 6.                                       | 2.        | 3        | Thermochrome (Thermotrope) Schichten  | 5           |
| 6.                                       | 2.        | 4        | Photochrome Schichten   | 5           |
| 6.                                       | 2.        | 5        | Gas- und Hydrochrome Schichten  | 5           |
| <b>6.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Lichtlenkung und Lichtkonzepte</u></b>  |             |
| 6.                                       | 3.        | 1        | Lichtschwerter und -lenkgläser  | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 2        | Außenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit selektiver Lamellenbeschichtung   | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 3        | Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Retroreflektion            | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 4        | Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Lichtlenkung               | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 5        | Außenliegendes Markisensonenschutzsystem aus lichttechnisch optimierten Edelstahlprofilen zur Lichtlenkung                            | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 6        | Sonnen- und Blendschutz im Scheibenzwischenraum   | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 7        | Prismensysteme  | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 8        | Prismenkuppel   | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 9        | Sonnenschutz-Mikroraster  | 5           |
| 6.                                       | 3.        | 10       | Jalousien mit monoreflektiven spiegelnder Lamellenkontur  | 2           |
| 6.                                       | 3.        | 11       | Lichtsegel  | 1           |
| 6.                                       | 3.        | 12       | Glasfaser-Lichtleitkabel  | 1           |
| 6.                                       | 3.        | 13       | Lichtlenkung durch mikrostrukturierte Oberflächen, z.B. CPC-Sonnenschutzstrukturen für geneigte Verglasungen (Interferenzlithografie) | 2           |
| 6.                                       | 3.        | 14       | Transparenter Sonnenschutz: Holographische, optische Elemente (HOE) zur Lichtsteuerung/ -lenkung                                      | 2           |
| 6.                                       | 3.        | 15       | Eigenverschattung transparenter Öffnungen   | 2           |
| 6.                                       | 3.        | 16       | Rauchabzugsklappen mit Sonnenschutz (Lamellenvorrichtung)   | 3           |
| 6.                                       | 3.        | 17       | Flüssigkristallpolymer in Verglasung: Mikroverkapselte thermotrope Systeme (TOP)  | 1           |
| 6.                                       | 3.        | 18       | Sonnenschutzverglasungen auf Basis mikrostrukturierter Oberfläche (mikrostrukturierte Folien: eingesetzt in Fenstern und Fassaden)    | 4           |
| <b>6.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Transparente, transluzente Materialien in der Gebäudehülle</u></b>  |             |
| 6.                                       | 4.        | 1        | Dichroitische Beschichtung von Gläsern  | 5           |
| 6.                                       | 4.        | 2        | Lichtdurchlässiger Beton  | 3           |
| 6.                                       | 4.        | 3        | Transluzente Glaskuben  | 3           |
| 6.                                       | 4.        | 4        | Transluzente Wärmedämmung aus Zellulose   | 3           |
| <b>6.</b>                                | <b>5.</b> | <b>0</b> | <b><u>Wärmedämmung transparenter Bauteile</u></b>   |             |
| 6.                                       | 5.        | 1        | Vakuumisolierglas (VIG)   | 5           |
| 6.                                       | 5.        | 2        | Glasfaserverbund-Kunststoff (GFK) im Fensterbau   | 5           |
| 6.                                       | 5.        | 3        | Doppelfassaden  | 5           |

**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
 2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
 3 = nicht relevant für Bürogebäude  
 4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
 5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |  | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|--|-------------|
| 6.                                       | 5.        | 4        | Dreifach-Isolierverglasung ("Klimaschutzklas")   | 5           |
| 6.                                       | 5.        | 5        | Glas mit Wärmedämmbeschichtung   | 2           |
| 6.                                       | 5.        | 6        | Wärmetechnische Optimierungen an Lichtkuppeln und RWA-Anlagen  | 1           |
| 6.                                       | 5.        | 7        | Nanogel in Scheibenzwischenraum  | 2           |
| 6.                                       | 5.        | 8        | Abstand der Isolierverglasung (Dämmung mit Luftschicht)  | 2           |
| <b>6.</b>                                | <b>6.</b> | <b>0</b> | <b><u>Energieabsorption und Energiereflexion von Oberflächen</u></b>                                       |             |
| 6.                                       | 6.        | 1        | Reflektierende Anstriche   | 5           |
| 6.                                       | 6.        | 2        | Infrarotreflektierende Fassaden  | 3           |
| 6.                                       | 6.        | 3        | Nanopartikel in organischer Polymerfarbe   | 3           |
| 6.                                       | 6.        | 4        | Wärmereflektierende Beschichtung:<br>a) Reflektierende Pigmente  | 3           |
| 6.                                       | 6.        | 5        | Wärmereflektierende Beschichtung:<br>b) "white roof"   | 3           |
| <b>7.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Gebäudeautomation</u></b>  |             |
| <b>7.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Temperatur/ Wärme</u></b>  |             |
| 7.                                       | 1.        | 1        | Einzelraumregelung   | 5           |
| 7.                                       | 1.        | 2        | Wandlungsfähige Strangregulierung  | 5           |
| 7.                                       | 1.        | 3        | Programmierbarer Uhrenthermostat   | 2           |
| 7.                                       | 1.        | 4        | Betriebsführung von Niederspannungsnetzen mit dezentraler Stromeinspeisung                                 | 3           |
| 7.                                       | 1.        | 5        | Raumautomation: Local Operating Network (LON)  | 2           |
| 7.                                       | 1.        | 6        | KNX (Europäische Installationsbus - EIB)   | 2           |
| <b>7.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Belüftung</u></b>  |             |
| 7.                                       | 2.        | 1        | Kontextsensitive Steuerung   | 5           |
| 7.                                       | 2.        | 2        | Hybride Lüftung  | 5           |
| <b>7.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Licht und Sonnenschutz</u></b>   |             |
| 7.                                       | 3.        | 1        | Sensorbasierte Lichtsteuerung: Bedarfsgesteuerte Beleuchtungssteuerung nach individuellen Parametern       | 5           |
| 7.                                       | 3.        | 2        | Linearantriebstechnik: Positionierung der Sonnenschutzlamellen nach Sonneneinstrahlung                     | 2           |
| 7.                                       | 3.        | 3        | Solarsensor zur Lichtmessung im Außenbereich (Sensorik im Außenbereich)                                    | 2           |
| <b>7.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Integrierte Gebäudeautomation; Regelung und Steuerung</u></b>  |             |
| 7.                                       | 4.        | 1        | Gebäudeautomatisierung basierend auf Wettervorhersage  | 5           |
| 7.                                       | 4.        | 2        | Intelligente Stromzähler   | 5           |
| 7.                                       | 4.        | 3        | Wartungsrelevante Automatisierung  | 1           |
| 7.                                       | 4.        | 4        | Skalierbares Monitoringsystem für Energieanalysen  | 3           |
| <b>8.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Brandschutz</u></b>  |             |
| <b>8.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Brandfeste Materialien</u></b>   |             |
| 8.                                       | 1.        | 1        | Holzbrandschutz-Beschichtung   | 5           |
| <b>8.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Chemische Brandschutzsysteme</u></b>   |             |
| 8.                                       | 2.        | 1        | Einsatz von Hydrotalcit in Kunststoffen  | 5           |
| 8.                                       | 2.        | 2        | Nano-flammgeschützten PP-Compounds   | 5           |
| <b>8.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Brandschutzsysteme: mechanisch</u></b>   |             |
| 8.                                       | 3.        | 1        | Entrauchung mit künstlichem Tornado: spezifisches Brandschutzkonzept mit künstlich erzeugtem Strömungsfeld | 3           |

**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
3 = nicht relevant für Bürogebäude  
4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |   | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|---|-------------|
| 8.                                       | 3.        | 2        | Überdruckbelüftungsanlage   | 2           |
| 8.                                       | 3.        | 3        | Rauchverdrängungsanlage (RDA)                                     | 2           |
| 8.                                       | 3.        | 4        | Wassernebellöschanlage  | 2           |
| 8.                                       | 3.        | 5        | Inertisierung   | 3           |
| <b>8.</b>                                | <b>4.</b> | <b>0</b> | <b><u>Konstruktiver (sekundärer, passiver) Brandschutz</u></b>    |             |
| 8.                                       | 4.        | 1        | Decken  | 2           |
| 8.                                       | 4.        | 2        | Wände, Stützen  | 2           |
| 8.                                       | 4.        | 3        | Türen und Fluchtwege  | 2           |
| 8.                                       | 4.        | 4        | Böden   | 2           |
| <b>9.</b>                                | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Akustik</u></b>   |             |
| <b>9.</b>                                | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Passive Akustikmaßnahmen</u></b>                            |             |
| 9.                                       | 1.        | 1        | Streifenabsorber und Absorberstreifen                             | 5           |
| 9.                                       | 1.        | 2        | Aufblasbare Elemente als Schallschutz (Schallschirme)             | 5           |
| 9.                                       | 1.        | 3        | Naturfaserverstärkte Kunststoffe als akustische Absorber          | 3           |
| 9.                                       | 1.        | 4        | Schnee als Vorbild für hochwirksame Schallabsorber                | 1           |
| 9.                                       | 1.        | 5        | Transparente Schallabsorber                                       | 3           |
| 9.                                       | 1.        | 6        | Akustikputz   | 2           |
| 9.                                       | 1.        | 7        | Multifunktionale Membrankissen-Konstruktionen                     | 1           |
| 9.                                       | 1.        | 8        | Schalltechnische Untersuchung an Gabionen                         | 3           |
| 9.                                       | 1.        | 9        | Schwingungsanalyse von Bauteilen mit dem Scanning-Laservibrometer | 3           |
| 9.                                       | 1.        | 10       | Schallschutz-wirksame Vakuum-Isolationspaneele                    | 4           |
| 9.                                       | 1.        | 11       | Enkopplungsmatten (Trittschalldämmung)                            | 2           |
| <b>9.</b>                                | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Aktive Akustikmaßnahmen</u></b>                             |             |
| 9.                                       | 2.        | 1        | Aktive Geräuschkinderung  | 5           |
| 9.                                       | 2.        | 1        | Aktive Schalldämmung- akustische Isolierverglasung                | 1           |
| 9.                                       | 2.        | 2        | Aktive Schalldämmung- im Luftkanal                                | 1           |
| <b>9.</b>                                | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Konstruktive Akustikmaßnahmen</u></b>                       |             |
| 9.                                       | 3.        | 1        | Sandwich-Elemente   | 2           |
| 9.                                       | 3.        | 2        | Hochlochziegel  | 2           |
| 9.                                       | 3.        | 3        | Leichtwände bei Tiefenfrequenz                                    | 2           |
| <b>10.</b>                               | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Baukörper und Bauqualität</u></b>                           |             |
| <b>10.</b>                               | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Materialien und Komponenten</u></b>                         |             |
| 10.                                      | 1.        | 1        | Hochfester Beton  | 5           |
| 10.                                      | 1.        | 2        | Hochfester Betonstahl   | 5           |
| 10.                                      | 1.        | 3        | Betonsandwichfassade als Aussteifungselement                      | 5           |
| 10.                                      | 1.        | 4        | CO <sup>2</sup> -Anreicherung in Betonteilen                      | 1           |
| 10.                                      | 1.        | 5        | Optimierung Betondach - iROOF2                                    | 1           |
| 10.                                      | 1.        | 6        | Membrankissensystem   | 3           |
| 10.                                      | 1.        | 7        | Biokomposite  | 1           |
| 10.                                      | 1.        | 8        | Tensairity-Tragwerke  | 3           |
| 10.                                      | 1.        | 9        | Tensegrity-Tragwerke  | 3           |
| 10.                                      | 1.        | 10       | Selbstverdichtender Beton   | 2           |
| <b>10.</b>                               | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Reduktion des Instandhaltungs- und Pflegeaufwand</u></b>    |             |
| 10.                                      | 2.        | 1        | Silikonharzbasierte Fassadenfarbe                                 | 5           |
| 10.                                      | 2.        | 2        | Mikrostrukturierte Beschichtung                                   | 5           |



**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden  
 2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie  
 3 = nicht relevant für Bürogebäude  
 4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet  
 5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |           |          |  | Eingrenzung |
|--|-----------|----------|--|-------------|
| 10.                                      | 2.        | 3        | Photokatalytische Gläser und Fliesen   | 5           |
| 10.                                      | 2.        | 4        | Reinigungsarme Dachsteine  | 3           |
| 10.                                      | 2.        | 5        | Tapeten für hochbeanspruchte Innenräume  | 3           |
| 10.                                      | 2.        | 6        | Staubschutzsysteme bei Umbau-, Renovierungs-, und Sanierungsarbeiten   | 3           |
| 10.                                      | 2.        | 7        | Selbstheilung  | 1           |
| <b>10.</b>                               | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Nutzungsflexibilität des Gebäudes</u></b>  |             |
| 10.                                      | 3.        | 1        | Mobile Elemente: Modul- und Containerbau   | 5           |
| 10.                                      | 3.        | 2        | Hohlkörper Decke   | 5           |
| <b>11.</b>                               | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Prozesse/Verfahren</u></b>   |             |
| <b>11.</b>                               | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Optimierung von Planungs- und Bauprozessen</u></b>   |             |
| 11.                                      | 1.        | 1        | GeoJetting (Geothermie)  | 5           |
| 11.                                      | 2.        | 1        | Fassadensimulation (Werbung am Baugerüst)  | 5           |
| 11.                                      | 1.        | 2        | RFID im Bau  | 1           |
| 11.                                      | 1.        | 3        | Modellbasierte Planung - Virtuelle Baustelle   | 4           |
| 11.                                      | 1.        | 4        | Power Bridge: Nachrüstung von Bestandsdächern für Solaranlagen   | 3           |
| 11.                                      | 1.        | 5        | Dachhebesysteme: DINO-Dachhebesystem   | 3           |
| <b>11.</b>                               | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Softwareunterstützung im Planungsprozess</u></b>   |             |
| 11.                                      | 2.        | 2        | Digitales Klimakomfortmodell: 3D-Simulation  | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 3        | Integratives Computer Aided Facility Management (CAFM)   | 4           |
| 11.                                      | 2.        | 4        | tech. Anlagen: Strömungssimulationen in Anlagen der Haustechnik  | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 5        | Green Building Studio® (Softwareunterstützung des frühen Planungsprozess für CO <sup>2</sup> -neutrales Bauen) | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 6        | Integrierte Planungssoftware - Supply-Chain-Management   | 1           |
| 11.                                      | 2.        | 7        | Kombinierte energetische und wärmephysiologische Bewertung technischer Anlagen in Gebäuden                     | 1           |
| 11.                                      | 2.        | 8        | Analysetool Luftqualität: Ideal Cabin Environment  | 1           |
| 11.                                      | 2.        | 9        | Optimierung der Wärmegewinnung Umgebungswärme: Feldanalyse   | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 10       | Luftwechselmodell: Entwicklung und Implementierung eines Luftwechselmodells in WUFI                            | 1           |
| 11.                                      | 2.        | 11       | Schallmessung Fassadenelemente: Analyse Windgeräusche Fassade  | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 12       | Analyse Akustik: Schallmessung Membrankissen   | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 13       | Schallschutz: Schallmessung Regengeräusche   | 2           |
| 11.                                      | 2.        | 14       | Innovative Schadenssimulation  | 1           |
| 11.                                      | 2.        | 15       | Strahlungsmodell Außenflächen  | 3           |
| <b>12.</b>                               | <b>0.</b> | <b>0</b> | <b><u>Sanitär</u></b>  |             |
| <b>12.</b>                               | <b>1.</b> | <b>0</b> | <b><u>Betriebskostenreduzierung</u></b>  |             |
| 12.                                      | 1.        | 1        | Händetrockner Dyson Airblade   | 5           |
| <b>12.</b>                               | <b>2.</b> | <b>0</b> | <b><u>Wasserspartechnik</u></b>  |             |
| 12.                                      | 2.        | 1        | Vakuum Sanitärtechnik  | 5           |
| <b>12.</b>                               | <b>3.</b> | <b>0</b> | <b><u>Wasseraufbereitung</u></b>   |             |
| 12.                                      | 3.        | 1        | Autark arbeitende Membransysteme durch Ultraschallreinigung für die dezentrale Wasseraufbereitung              | 3           |
| 12.                                      | 3.        | 2        | Energieautarke solare Aufbereitung von Trinkwasser aus Meer- oder Brackwasser                                  | 3           |
| 12.                                      | 3.        | 3        | Meerwasserentsalzung mit Prozesswärme aus thermischen Solarkollektoren   | 3           |



**Bewertungsschema**

- 1 = zu hoher Innovationsgrad, zu wenig Informationen vorhanden
- 2 = zu niedriger Innovationsgrad, etablierte Technologie
- 3 = nicht relevant für Bürogebäude
- 4 = an einer anderen Stelle im Projekt bearbeitet
- 5 = im Bericht enthalten

### 3.1.1 Technologie-Liste

| Themenfeld / Innovation / System Produkt |    |    |  | Eingrenzung |
|--|----|----|--|-------------|
| 13.                                      | 1. | 0  | <u>Wärmedämmung opaker Bauteile</u>  |             |
| 13.                                      | 1. | 1  | Vakuumisolationspanelee (VIP)  | 5           |
| 13.                                      | 1. | 2  | Transparente Wärmedämmung (TWD) vor Massivwand   | 5           |
| 13.                                      | 1. | 3  | Dämmziegel   | 2           |
| 13.                                      | 1. | 4  | Konstruktions- und Dämmwerkstoffe: Purenit   | 2           |
| 13.                                      | 1. | 5  | Holzabfälle mit Soda (Pilz) und Molke (Brand)  | 2           |
| 13.                                      | 1. | 6  | Carbonfasern (Fassadenarmierung)   | 2           |
| 13.                                      | 1. | 7  | Calcium-Silikat-Platten  | 2           |
| 13.                                      | 1. | 8  | PUR-Platten, PUR +Hilfsstoffe  | 2           |
| 13.                                      | 1. | 9  | Elastopir-Platten  | 2           |
| 13.                                      | 1. | 10 | Neopor   | 2           |
| 13.                                      | 1. | 11 | Glasschaumgranulat   | 2           |
| 13.                                      | 1. | 12 | Phenolharz-Hartschaumplatte  | 2           |
| 13.                                      | 1. | 13 | funktionale Dämmung:<br>- XPS-Dämmung mit intergrierter Dampfsperre für Innendämmung                 | 2           |
| 13.                                      | 1. | 14 | nachwachsender Dämmstoff   | 1           |
| 13.                                      | 1. | 15 | energiesparender Schornstein: Schornstein aus Thermo-Trennstein und Kremik- oder Edelstahl Innenrohr | 3           |

#### **4.3 Bericht des Fraunhofer Instituts**

**ZÜBLIN**



***REG Bericht***

---

***Innovative Lösungen für  
ressourceneffiziente Bürogebäude  
– ein Überblick***

**Stuttgart, Juni 2009**

---

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**



### **Autoren**

Daniel Krause, Fraunhofer IAO  
Lesya Bilan, Fraunhofer IAO  
Sven Schimpf, Fraunhofer IAO  
Liza Wohlfart, Fraunhofer IAO  
Markus Genswein, Ed. Züblin AG

### **Kontakt**

Fraunhofer IAO  
Daniel Krause  
Nobelstrasse 12  
70569 Stuttgart

Tel.: 0 711 / 970-5455  
E-Mail: [daniel.krause@iao.fraunhofer.de](mailto:daniel.krause@iao.fraunhofer.de)  
Internet: [www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Einleitung   | 1  |
| 1 Themenfeld 1: Wärme-, Kälte-, Strom-Bereitstellung                   | 5  |
| 1.1 Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung                                       | 5  |
| 1.1.1 Blockheizkraftwerk   | 5  |
| 1.1.2 Stirlingmotor  | 8  |
| 1.2 Elektrische Verdichter: Wärmepumpen und Kompressionskältemaschinen | 9  |
| 1.2.1 Zentrale Wärmepumpen   | 11 |
| 1.2.2 Dezentrale Wärmepumpen   | 13 |
| 1.2.3 Expansions-Kompressionskältemaschine mit CO <sub>2</sub>         | 15 |
| 1.3 Photovoltaik   | 17 |
| 1.3.1 Dünnschichtphotovoltaik-Scheiben, Silizium-Dünnschicht-Module    | 18 |
| 1.3.2 Hocheffiziente Laserleistungszellen                              | 22 |
| 1.3.3 Farbstoff-Solarzellen (Grätzel-Zelle)                            | 23 |
| 1.3.4 Konzentrator-Zellen (FLATCON <sup>®</sup> -Technologie)          | 25 |
| 1.3.5 Solare Fassadeneindeckung (Solartec)                             | 27 |
| 1.3.6 Fluoreszenzkollektor auf PMMA-Basis                              | 29 |
| 2 Themenfeld 2: Energiequellen und Energiesenken                       | 31 |
| 2.1 Biomasse   | 31 |
| 2.1.1 Scheitholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel                       | 31 |
| 2.1.2 Biogasnutzung aus Abfall und Abwasser                            | 33 |
| 2.2 Geothermie   | 35 |
| 2.2.1 Grundwasserbrunnen   | 36 |
| 2.2.2 Erdwärmsonde   | 38 |
| 2.2.3 Erdwärmesonde mit CO <sub>2</sub> als Wärmeträger                | 40 |
| 2.2.4 Fundamentabsorber  | 41 |
| 2.2.5 Energiepfähle  | 43 |
| 2.3 Solare Energiegewinnung (Solarthermie)                             | 44 |
| 2.3.1 Vakuum-Röhrenkollektoren   | 45 |
| 2.3.2 Parabolrinnenkollektor (solare Prozesswärme)                     | 46 |
| 2.3.3 Fresnel-Kollektoranlage (solare Prozesswärme)                    | 48 |
| 2.4 Solare Energiegewinnung (Photovoltaik)                             | 49 |
| 3 Themenfeld 3: Energiespeicherung, -verteilung und -übergabe          | 50 |
| 3.1 Kältespeicher  | 50 |
| 3.1.1 Eisspeicher  | 51 |
| 3.1.2 Großkältespeicher  | 53 |
| 3.2 Energiespeicherung und -übergabe                                   | 54 |
| 3.2.1 Bauteilaktivierung   | 55 |
| 3.2.2 Bauteilaktivierung mit PCM                                       | 56 |
| 3.2.3 Pufferspeicher für Erdeinbau                                     | 58 |
| 3.3 Energieübergabe  | 60 |
| 3.3.1 Flächenheizung und Kühlung allgemein                             | 60 |
| 3.3.2 Deckenstrahlungsheizung  | 61 |
| 3.3.3 Strahlungsoptimierter Heizkörper                                 | 62 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 3.3.4  | Dezentrales System zur Heizungs- und Warmwasserversorgung  | 63  |
| 3.4    | Netzhydraulik und Pumpen   | 64  |
| 3.4.1  | Permanentmagnet-Technologie  | 65  |
| 3.4.2  | Warm-/Kaltwasserverteiler (Zortströmverteiler)   | 66  |
| 4      | Themenfeld 4: Energierückgewinnung   | 69  |
| 4.1.1  | Sorptionsklimasysteme  | 69  |
| 4.1.2  | Energierückgewinnung bei Aufzügen  | 71  |
| 5      | Themenfeld 5: Lüftung und Luftqualität; Klimatisierung   | 73  |
| 5.1    | Luftreinigung (olfaktorisch, Schadstoffe)  | 74  |
| 5.1.1  | Teppich mit photokatalytischer Wirkung (Katalysator-Teppiche)  | 74  |
| 5.1.2  | Innenfarben mit photokatalytischer Beschichtung  | 75  |
| 5.2    | Unkonditionierte Lüftung   | 76  |
| 5.2.1  | Nachtlüftung   | 77  |
| 5.3    | Dezentrale Lüftung   | 79  |
| 5.3.1  | Ökolüfter  | 79  |
| 6      | Themenfeld 6: Lichttechnik und Gläser (Kunst- und Tageslicht, Überhitzungsschutz, Transmission)                            | 82  |
| 6.1    | Leuchtmittel für künstliche Beleuchtung  | 82  |
| 6.1.1  | LED  | 82  |
| 6.1.2  | OLED   | 84  |
| 6.1.3  | Leuchtstofflampe (T5)  | 85  |
| 6.2    | Intelligente Sonnenschutzgläser  | 87  |
| 6.2.1  | Sonnenschutzverglasung   | 87  |
| 6.2.2  | Elektrochrome Schichten  | 89  |
| 6.2.3  | Thermochrome (Thermotrope) Schichten   | 91  |
| 6.2.4  | Photochrome Schichten  | 92  |
| 6.2.5  | Gas- und hydrochrome Schichten   | 93  |
| 6.3    | Lichtlenkung und Lichtkonzepte   | 95  |
| 6.3.1  | Lichtschwerter   | 96  |
| 6.3.2  | Lichtlenkgläser  | 97  |
| 6.3.3  | Außenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit selektiver Lamellenbeschichtung                                  | 99  |
| 6.3.4  | Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Retroreflektion | 101 |
| 6.3.5  | Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Lichtlenkung    | 103 |
| 6.3.6  | Außenliegendes Markisensonenschutzsystem aus lichttechnisch optimierten Edelstahlprofilen zur Lichtlenkung                 | 105 |
| 6.3.7  | Sonnen- und Blendschutz im Scheibenzwischenraum  | 106 |
| 6.3.8  | Prismensysteme   | 107 |
| 6.3.9  | Prismenkuppel  | 109 |
| 6.3.10 | Sonnenschutz-Mikroraster   | 110 |
| 6.4    | Transparente, transluzente Materialien in der Gebäudehülle   | 112 |
| 6.4.1  | Dichroitische Beschichtung von Gläsern   | 112 |
| 6.5    | Wärmedämmung transparenter Bauteile  | 113 |
| 6.5.1  | Vakuumisolierglas (VIG)  | 113 |
| 6.5.2  | Glasfaserverbund-Kunststoff (GFK) im Fensterbau  | 116 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 6.5.3  | Doppelfassaden   | 118 |
| 6.5.4  | Dreifach-Isolierverglasung   | 119 |
| 6.6    | Energieabsorption und Energiereflexion von Oberflächen   | 122 |
| 6.6.1  | Reflektierende Anstriche   | 122 |
| 7      | Themenfeld 7: Gebäudeautomation  | 124 |
| 7.1    | Wärme  | 124 |
| 7.1.1  | Einzelraumregelung   | 124 |
| 7.1.2  | Wandlungsfähige Strangregulierung  | 125 |
| 7.2    | Belüftung  | 127 |
| 7.2.1  | Kontextsensitive Steuerung   | 127 |
| 7.2.2  | Hybride Lüftung  | 128 |
| 7.3    | Licht und Sonnenschutz   | 129 |
| 7.3.1  | Sensorbasierte Lichtsteuerung: Bedarfsgesteuerte Beleuchtungssteuerung nach individuellen Parametern | 130 |
| 7.4    | Integrierte Gebäudeautomation; Regelung und Steuerung  | 132 |
| 7.4.1  | Gebäudeautomatisierung basierend auf Wettervorhersage  | 132 |
| 7.4.2  | Intelligente Stromzähler   | 133 |
| 8      | Themenfeld 8: Brandschutz  | 135 |
| 8.1    | Brandfeste Materialien   | 136 |
| 8.1.1  | Holzbrandschutz-Beschichtung   | 137 |
| 8.2    | Chemische Brandschutzsysteme   | 138 |
| 8.2.1  | Einsatz von Hydrotalcit in Kunststoffen  | 138 |
| 8.2.2  | Nano-flammgeschützten PP-Compounds   | 139 |
| 9      | Themenfeld 9: Akustik  | 141 |
| 9.1    | Passive Akustikmaßnahmen   | 141 |
| 9.1.1  | Streifenabsorber und Absorberstreifen  | 141 |
| 9.1.2  | Aufblasbare Elemente als Schallschutz (Schallschirme)  | 143 |
| 9.2    | Aktive Akustikmaßnahmen  | 144 |
| 9.2.1  | Aktive Geräuschminderung   | 144 |
| 10     | Themenfeld 10: Baukörper und Bauqualität   | 146 |
| 10.1   | Materialien im Rohbau  | 146 |
| 10.1.1 | Hochfester Beton   | 146 |
| 10.1.2 | Hochfester Betonstahl  | 147 |
| 10.1.3 | Betonsandwichfassade als Aussteifungselement   | 150 |
| 10.2   | Reduktion des Instandhaltungs- und Pflegeaufwands  | 151 |
| 10.2.1 | Oberflächenschutz: Silikonharzbasierte Fassadenfarbe   | 151 |
| 10.2.2 | Mikrostrukturierte Beschichtung  | 152 |
| 10.2.3 | Photokatalytische Gläser und Fliesen   | 154 |
| 10.3   | Nutzungsflexibilität des Gebäudes  | 155 |
| 10.3.1 | Mobile Elemente: Modul- und Containerbau   | 155 |
| 10.3.2 | Hohlkörperdecke  | 157 |
| 11     | Themenfeld 11: Prozesse/Verfahren  | 159 |
| 11.1   | Optimierung von Planung und Bauprozessen   | 159 |
| 11.1.1 | geoJETTING (Geothermie)  | 159 |
| 11.2   | Gebäudevermarktung   | 160 |

**REG**

**Ressourceneffiziente Gebäude  
für die Welt von Übermorgen**



|   |     |
|---|-----|
| 11.2.1 Fassadensimulation (Werbung am Bau)            | 160 |
| 12 Themenfeld 12: Sanitär                             | 163 |
| 12.1 Betriebskostenreduzierung                        | 163 |
| 12.1.1 Händetrockner Dyson Airblade                   | 163 |
| 12.2 Wassersparteknik                                 | 165 |
| 12.2.1 Vakuum Sanitärtechnik                          | 165 |
| 13 Themenfeld 13: Wärmedämmung opaker Bauteile        | 167 |
| 13.1.1 Vakuumisulationspaneele                        | 167 |
| 13.1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD) vor Massivwand | 168 |
| Quellenverzeichnis                                    | 171 |



## Einleitung

Immobilien verbrauchen heute durch Bau und Betrieb einen wesentlichen Anteil der natürlichen Ressourcen. Hinsichtlich energetischer Einsparmöglichkeiten stellt der Bausektor den Bereich mit dem größten Potenzial dar; er macht 40% des Gesamtprimärenergieverbrauchs aus. Durch eine Sanierung aller Bestandsgebäude und einer entsprechenden Ausbildung von Neubauten bis zum Jahr 2020 könnten pro Jahr 40 Mrd. Euro an Heizkosten und ca. 150 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Um diese Einsparpotentiale konsequent anzugehen, ist es notwendig tief greifende Veränderungen im Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden vorzunehmen.

Der Bericht „Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick“, bietet eine Übersicht zu Technologien, Systemen, Komponenten und Prozessen zur Steigerung der Ressourceneffizienz von Büroimmobilien. Die Auswahl der dargestellten Innovationen wurde in einem iterativen Prozess, unterstützt durch Experten aus Wirtschaft und Forschung, getroffen.

Der Fokus liegt dabei nicht auf der Identifizierung von Lösungen, die erst in mehreren Jahren Marktreife erreichen werden, sondern darauf, die Bandbreite von Innovationen zwischen Anwendungsreife und Forschungsstatus darzustellen, die für Büro- und Verwaltungsgebäude von Relevanz sind. Dies schließt Innovationen ein, die

- bereits seit längerer Zeit Marktreife erlangt haben – also dem Stand der Technik entsprechen – aber aus verschiedenen Gründen bisher nicht flächendeckend eingesetzt werden konnten (aufgrund zu hoher Kosten, fehlender Nutzerakzeptanz, oder ähnlichem), sich jedoch in Zukunft etablieren werden (**marktreife Produkte**),
- gerade Marktreife erlangt haben oder in ihrer Entwicklung kurz vor dem Schritt der Markteinführung stehen (**marktfähige Produkte**),
- noch weit vor der Marktreife stehen aber aus Expertensicht als hochgradig interessant für zukünftige Anwendungen eingestuft werden (**visionäre Produkte**).

Die dargestellten Innovationen untergliedern sich in 13 Themenfelder, die jeweils unterschiedliche Gebäudebereiche bzw. Aspekte der Gebäudeerstellung und -bewirtschaftung betreffen. In den folgenden Kapiteln wird zunächst jedes der 13 Themenfelder als Ganzes dargestellt. Anschließend werden die einzelnen Innovationen beschrieben. Ihre Relevanz für Bürogebäude wird jeweils im Vergleich zu einem etablierten Standardprodukt durch eine Auflistung von Vor- und Nachteilen sowie einer Bewertung anhand von 5 fixen Kriterien beschrieben. Die momentan bestehenden Anwendungsbarrieren werden ausgeführt.

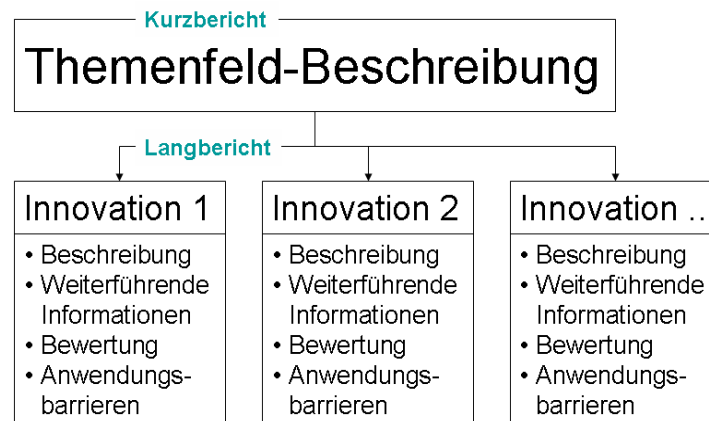


Abbildung 1: Aufbau des Dokuments in Kurz- und Langberichte

## Auswahlprozess

Zunächst erfolgte eine Sammlung verschiedener Innovationen auf Basis verfügbarer Informationsquellen (siehe Abschnitt „Genutzte Quellen“ sowie Quellenverzeichnis). Den Schwerpunkt (ca. 70%) dieser Übersicht bilden marktreife Innovationen, ca. 20% sind marktfähige und ca. 10% visionär. 70% der Innovationen betreffen die Gebäudetechnik. Die Gesamtliste dieser rund 300 Innovationen sind in Anlage 1 dieses Berichts enthalten.

Um den Untersuchungsbereich weiter eingrenzen zu können, wurden aus den Innovationen der ersten Liste dann diejenigen ausgefiltert, die

- einen zu hohen Innovationsgrad hatten (zu wenig Informationen vorhanden),
- einen zu niedrigen Innovationsgrad hatten (etablierte Technologie),
- für Bürogebäude nicht relevant waren oder
- bereits an einer anderen Stelle im Projekt REG bearbeitet wurden.

Die 86 nach diesem Auswahlprozess verbleibenden Innovationen werden im Folgenden dargestellt und bewertet.



Abbildung 2: Arbeitsschritte zur Erstellung des Berichts

## Bewertungsprozess

Die Bewertung der einzelnen Innovationen wurde jeweils im Vergleich zu einem etablierten Standardprodukt vorgenommen, das in der Beschreibung jeweils ausgewiesen ist. Dabei wurden zum einen die Vor- und Nachteile herausgestellt. Zum anderen wurde durch mehrere Projektbeteiligte eine Bewertung anhand der folgenden Kriterien vorgenommen:

- Investitionskosten
- Lebensdauer
- Betriebskosten
- Marktreife
- Marketingwert

Die im Bericht dargestellte relative Einschätzung stellt jeweils den Mittelwert dieser Beurteilungen dar. Eine Bewertung nach weiteren relevanten Kriterien, wie z. B. dem CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzial wurde in diesem Bericht nicht vorgenommen, da diesbezüglich zum heutigen Zeitpunkt nur unzureichende Informationsgrundlagen verfügbar sind.

## Genutzte Quellen

Zur Auswahl und Beschreibung der in diesem Bericht dargestellten Innovationen wurden verschiedene Primär- und Sekundärquellen genutzt. Dies sind im Einzelnen: Fraunhofer-Institute, DGNB, EnOB, EnBOB, BINE-Informationsdienst, dena, Fachmessen (Energieeffizienz Messe in Frankfurt, CEP in Stuttgart), Herstellerinformationen, Forschungsprojekte (EnBau-Projekte, Fraunhofer InHaus) sowie Jahresberichte der Institute und Ministerien (BMW, BMU, BMWF).

Darüber hinaus wurde eine Reihe von Interviews mit Experten (Hersteller, Entwickler, Forscher) der verschiedenen Themenfelder geführt.

### Experteninterviews

- Dr. Philip Leistner, Fraunhofer IBP
- Dr. Dietrich Schmitt, Fraunhofer IBP
- Prof. Dr. Paul Schmits, Semperlux AG
- Prof. Dr. Rainer Wanninger, TU Braunschweig
- Prof. Dr. Hosser, TU Braunschweig
- Dr. Helmut Köster, Köster Lichtplanung
- Frank Brusberg, Ed. Züblin AG, Stuttgart
- Sebastian Herkel, Fraunhofer ISE
- Dr. Jens Pfafferot, Fraunhofer ISE
- Susanne Kreft, WILO AG, Dortmund
- Dr. Marc Andree Groos, Vaillant Deutschland GmbH & Co. KG

## 1 Themenfeld 1: Wärme-, Kälte-, Strom-Bereitstellung

Das Themenfeld Wärme-, Kälte- und Strom-Bereitstellung betrachtet die Bereiche der Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung, die der elektrischen Verdichter sowie den Bereich Photovoltaik. Alle betrachteten Technologien zielen darauf ab, entweder, Energie in verschiedenen Formen auf Basis ressourceneffizienter Technologien bereitzustellen oder bestmöglich zu nutzen.

Insbesondere im Bereich der Photovoltaik wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte in Produkt- und Produktionstechnologien sowie damit verbundenen Kostenstrukturen erzielt.

Eine Technologie, die im Zuge ressourceneffizienter Gebäude wieder an Bedeutung gewinnt sind Stirlingmotoren und deren Einsatz in Block-Heiz-Kraftwerken.

### 1.1 Kraft-Wärme-(Kälte-)Kopplung

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet das (gleichzeitige) Gewinnen von Wärme und Strom aus derselben Anlage. Durch die direkte Umwandlung einer Energiequelle in mechanische Energie (bspw. über Verbrennungsmotoren oder Turbinen) wird über Generatoren Elektrizität erzeugt. Bei der Stromerzeugung entsteht Abwärme die wiederum zur Beheizung verwendet werden kann. Energiequellen können durch diese Kopplung effizienter genutzt werden. Eine Erweiterung im Bereich KWK ist die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK). In diesem Fall kann die von einem Blockheizkraftwerk (BHKW, s. unten) oder einer thermischen Solaranlage erzeugte Wärme zum Betrieb eines Sorptionsklimasystems (siehe 4.1.1) für die Klimatisierung verwendet. Eine andere Möglichkeit der KWKK ist die Nutzung der thermisch erzeugten mechanischen Energie zum direkten Antrieb einer Kompressionskältemaschine.

Blockheizkraftwerke sind eine spezielle Form von KWKs bei denen ein Verbrennungsmotor als Energiequelle genutzt wird. Die Abwärme des Motors kann in einem Blockheizkraftwerk nicht nur zu Heizzwecken, sondern auch zur Kühlung (bspw. über eines Sorptionsklimasystems) oder wiederum zur Produktion von elektrischer Energie verwendet werden.

In einer Brennstoffzelle wird die Energie elektrochemisch gewonnen. Bei diesem Verfahren entsteht aus der Reaktion von Wasserstoff (Energieträger) mit Sauerstoff Wärme, die ausgekoppelt und zu Heizzwecken genutzt werden kann. Ähnlich wie bei einem BHKW wird die Stromausbeute einer Brennstoffzelle durch die Wärmeentnahme nicht beeinflusst.

Im Folgenden werden das BHKW sowie der Einsatz von Stirlingmotoren in BHKWS als ein besonderes Funktionsprinzip genauer betrachtet.

#### 1.1.1 Blockheizkraftwerk

Das Blockheizkraftwerk ist eine kompakt gebaute Anlage, die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung funktioniert. Der Verbrennungsmotor treibt den Stromgenerator an, zur Verbrennung werden die gegenwärtig üblichen Brenn- bzw. Kraftstoffe verwendet: Diesel, Erdgas, Biogas, Pflanzenöl, Holzpellets, etc. Die dabei entstehende Abwärme wird zu Heizzwecken eingesetzt. Das Temperaturniveau, das heutzutage zur Heizung aus der Abwärme genutzt werden kann, liegt zwischen 70 und 90°C. Die Temperaturbereiche, die außerhalb dieser Grenze liegen können auch genutzt werden, jedoch reduziert sich dabei die Stromausbeute.

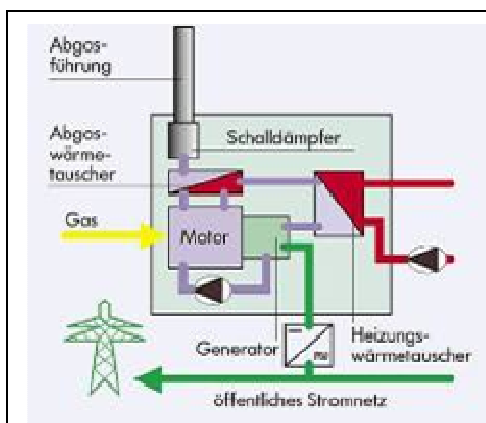


Abbildung 3: Schematischer Aufbau einer netzgekoppelten Mikro-BHKW-Anlage (www.asue.de)

In heutigen BHKW-Anlagen werden außer Verbrennungsmotoren auch andere Systeme eingesetzt wie Dampfmaschinen, Brennstoffzellen, Mikroturbinen oder Stirlingmotoren. Dabei wird zusätzlich Prozesswärme erzeugt (über Wasserdampf, Heißluft, Thermoöl). Die dabei entstehende Abwärme kann nicht nur zur Beheizung der Räume und zur Warmwassererzeugung verwendet werden. Dieselbe Anlage kann auch zur Kühlung, Entfeuchtung und Klimatisierung der Räume eingesetzt werden. Der Wirkungsgrad kann je nach Einsatz auf die Stromerzeugung oder auf die Wärmeerzeugung hin optimiert werden.

Der Wirkungsgrad eines BHKW hängt von der Anlagengröße ab und liegt zwischen 25 und 50%. Wenn die Abwärme ortsnah eingesetzt wird, können 80-90% der Energie genutzt werden.

**Weiterführende Informationen:**

Durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) erhalten Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, die Strom in das öffentliche Stromnetz einspeisen und zur Erzeugung der Energie dabei Biomasse verwenden, seit dem 01.01.2009 einen zusätzlichen Bonus, den sogenannten KWK-Bonus. Die Vergütung hierfür liegt bei 3 Cent pro Kilowattstunde.

BHKW-Anlagen gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Das Leistungsspektrum der Motoren, die von der Firma 2G Energietechnik GmbH (www.2-g.de) hergestellt werden, beträgt 1 kWel - 3.000 kWel (größere Anlagen sind ebenfalls möglich). Dabei setzt man zur Energieerzeugung verschiedene Brennstoffe ein, wie Biogas, Erdgas, Klärgas, Deponiegas, Grubengas und Pflanzenöl.

|               | Erdgas | Bio-/Klärgas | Heizöl | Pflanzenöl |
|---------------|--------|--------------|--------|------------|
| Wirkungsgrad: |        |              |        |            |
| elektrisch    | 35%    | 35%          | 36%    | 38%        |
| thermisch     | 52%    | 52%          | 49%    | 46%        |
| gesamt        | 87%    | 87%          | 85%    | 84%        |

Abbildung 4: Durchschnittlicher Wirkungsgrad unterschiedlicher BHKW-Anlagen (Angaben 2005) <sup>1</sup>

Der Wirkungsgrad einer Biogasanlage ist vom Brennwert des eingesetzten Gases abhängig, wovon wiederum der elektrische Wirkungsgrad solcher Anlagen abhängt. Der Grund dafür liegt in unterschiedlichen Zusammensetzungen der Biogasmischungen, wobei beispielsweise die brennbare Komponente einen Anteil zwischen 50-75% in der Mischung haben kann, und der Anteil von 5-50% in der Mischung betragen kann.<sup>2</sup>

Die Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. ASUE

<sup>1</sup> Nexus GmbH: www.bausatz-bhkw.de/pageID\_5217030.html (Stand Juni 2009).

<sup>2</sup> ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: [http://asue.de/cms/upload/inhalte/bioerdgas/vortraege/unterberg\\_mai\\_2006.pdf](http://asue.de/cms/upload/inhalte/bioerdgas/vortraege/unterberg_mai_2006.pdf) (Stand Juni 2009).

(www.asue.de) bewertet Biogas-Anlagen insbesondere wegen der zusätzlichen Einspeisevergütung als zunehmend interessant für BHKW-Hersteller. Anlagen, die auf Basis fossiler Energieträger funktionieren, werden dagegen aus Umwelt- und Kostengründen laut ASUE immer weniger attraktiv.

Ein BHKW kann bei der kombinierten Nutzung zur Wärme- und Stromerzeugung einen Wirkungsgrad von 80-90% erreichen. Damit ist der Wirkungsgrad wesentlich höher als bei anderen Verfahren, bei denen die Abwärme nicht genutzt wird und bis zu 50% der eingesetzten Primärenergie deshalb verloren geht (der Wirkungsgrad eines Atom- oder Kohlenkraftwerks liegt beispielsweise nur bei ca. 35%).

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Brennwertkessel)

#### Vorteile:

- Kombiniertes Ansatz zur Heizung und Kühlung/Klimatisierung möglich (Einsparung von Investitionskosten für getrennte Heiz- und Klimatechnik).
- Erweiterbarkeit der Anlage mit geringem Aufwand.
- Öffentliche Förderung: Netzbetreiber sind verpflichtet, eine BHKW-Anlage an ihr Stromnetz anzuschließen und den ins öffentliche Netz eingespeisten Strom zu vergüten.<sup>3</sup>

#### Nachteile:

- Hohe Wartungskosten.

#### Anwendungsbarriere:

- Hohe Wartungskosten.
- Häufig Regelungs-/Hydraulikprobleme.

#### Relative Einschätzung:

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

<sup>3</sup> Smart Energy Solutions GmbH: [http://www.smart-es.eu/joomla/index.php?option=com\\_content&view=article&id=104&Itemid=156&lang=de](http://www.smart-es.eu/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=104&Itemid=156&lang=de) (Stand Juni 2009).



### 1.1.2 Stirlingmotor

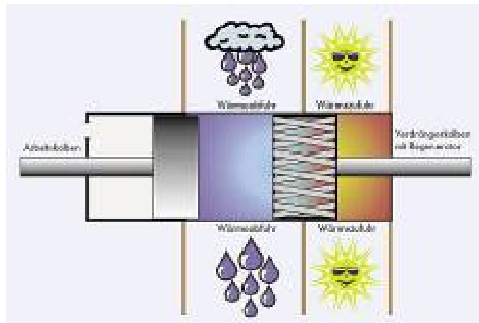


Abbildung 5: Funktionsprinzip eines Stirlingmotors (asue.de)

Stirlingmotoren arbeiten nach dem Prinzip eines geschlossenen Kreisprozesses, bei dem die thermische Energie in mechanische Energie umgewandelt wird. Im Stirlingmotor wird ein Arbeitsgas (Helium oder Luft), das sich in einem eingeschlossenen Arbeitszyklus befindet, an zwei verschiedenen Bereichen abwechselnd von außen erhitzt und gekühlt, um Energie zu erzeugen. Dies geschieht dadurch, dass sich das Gas im erwärmten Bereich ausdehnt und sich im kalten Bereich komprimiert. Die Ausdehnung und Komprimierung des Gases sorgt für eine Bewegung der Kolben und die Erzeugung mechanischer Energie.

Stirlingmotoren gibt es in unterschiedlichen Ausführungen (z. B.  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -Typen). In der Regel handelt es sich um Hubkolbenmaschinen. Daneben gibt es Flachplatten-, Freikolbenmaschinen und Kreiskolbenmotoren.

Gegenwärtig wird in fast allen Stirlingmotoren ein Regenerator eingesetzt. An diesen gibt das warme Arbeitsgas auf dem Weg zum kalten Raum einen Teil seiner Energie/Wärme ab. Der Regenerator nimmt die Wärme vorübergehend auf und gibt sie wieder an das Gas ab, wenn es vom kalten Raum zurück in den warmen Raum geschoben wird. Im Regenerator wird bis zu 80% der pro Zyklus umgesetzten Wärme gespeichert und damit der Wirkungsgrad einer Stirlinganlage verbessert.

#### Weiterführende Informationen:

In Verwaltungsgebäuden gibt es viele Bereiche, in denen die Wärmelast intern entsteht und die benötigte Temperatur nur mit aktiver Kühlung erreicht werden kann (z. B. EDV-Räume, Labore, Gemeinschafts- und Versammlungsräume, Kühl- und Aufbewahrungsräume, Küchen, etc.). Eine Möglichkeit, einen solchen Raum zu kühlen, ist eine Kältemaschine mit thermischem Antrieb, die Abwärme (z. B. von einem BHKW) zur Kältebereitstellung einsetzt (siehe auch 3.1).

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Brennwertkessel)

##### Vorteile:

- Stirlingmotoren können mit verschiedenen externen Wärme- oder Kältequellen betrieben werden. So können sowohl fossile Energieträger (Öl, Gas) als auch regenerative Energieträger (Sonnenenergie, thermisch nutzbare Abwärme, Erdwärme) eingesetzt werden. Es gibt sogar bereits Modelle, die durch die Wärme der menschlichen Hand in Gang kommen.
- Solar-Stirling-Anlagen, die an eine andere Wärmequelle (z. B. Verbrennung) gekoppelt sind, können auch bei Bewölkung oder nachts eingesetzt werden.
- Stirlingmotoren haben überdurchschnittlich lange Wartungsintervalle aufgrund der geschlossenen Bauweise (4.000 - 6.000 Stunden) und bedeutend niedrigere



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>Betriebskosten als z. B. bei Ottomotoren. Der Grund dafür sind die geschlossenen Arbeitsräume im Stirlingmotor, in die keine Verbrennungsrückstände gelangen und zum Verschleiß führen können.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Da das Gas in einem Stirlingmotor in einem geschlossenen Kreis arbeitet, entstehen keine Abgas-Emissionen (außer durch eine eventuell angeschlossene Wärmequelle).</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solar-Stirling-Anlagen, die solarthermische Energie in elektrische umwandeln, erreichen einen Wirkungsgrad der Stromerzeugung von ca. 20% und liegen damit über dem Wirkungsgrad von Photovoltaik-Anlagen. Der Investitionsaufwand ist jedoch größer.</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Anwendungsbarriere:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Investitionskosten</li> <li>Begrenzte Betriebserfahrungen</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Relative Einschätzung:</b></p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><b>Investitionskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">sehr niedrig</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><b>Lebensdauer</b></td> <td>&lt;2 Jahre</td> <td>&lt;5 Jahre</td> <td>10 Jahre</td> <td>15 Jahre</td> <td>20 Jahre</td> <td>30 Jahre</td> <td>40 Jahre</td> <td>&gt;50 Jahre</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><b>Betriebskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">keine</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><b>Marktreife</b></td> <td colspan="2">Forschung</td> <td colspan="2">Pilotumsetzung</td> <td colspan="2">Kleinserien</td> <td colspan="2">Massenprodukt</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2"><b>Marketingwert</b></td> <td colspan="2">sehr schlecht</td> <td colspan="2">eher schlecht</td> <td colspan="2">eher gut</td> <td colspan="2">sehr gut</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> |               |          |                |          |              |          |               |           | <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 1.2 Elektrische Verdichter: Wärmepumpen und Kompressionskältemaschinen

Eine Wärmepumpe ist ein Wärme- oder Kälteerzeuger, der ein Mehrfaches der aufgewendeten Energie als Nutzwärme abgeben kann. Z. B. können durch den Einsatz von 25% Strom 100% Wärme gewonnen werden. Dies ist möglich, indem unter Aufwendung von Arbeit in einem Kreisprozess aus der Umgebung Wärme entzogen und verwendet wird. Dabei wird die Wärme von einem niedrigeren Niveau auf ein höheres nutzbares Niveau gebracht.

Als Energie- bzw. Wärmequellen (Umgebungsquellen) dienen für Wärmepumpen z. B. folgende Wärmedepots:

- Umgebung (Außen-, Ab- oder Fortluft),
- Grundwasser,
- Erdwärme (Wärme wird aus dem Erdreich entzogen, entweder horizontal durch Erdkollektoren (die im oberflächennahem Bereich gespeicherte Sonnenenergie) oder vertikal durch Erdsonden),
- Abwasser,
- Sonnenenergie.

Dabei ist es wünschenswert, dass die Temperaturdifferenz der Energiequelle im System möglichst gering ist.

Die Wärmepumpe funktioniert technisch wie ein Kühlschrank mit umgekehrter Nutzung. Im Prinzip handelt es sich bei einem Wärmepumpenprozess um einen Kreisprozess, in dem ein so genanntes Arbeits- bzw. Kältemittel (ein Stoff mit niederem Siedepunkt) den Zustandsänderungen Verdampfung, Verdichtung, Verflüssigung und Entspannung unterworfen wird.<sup>4</sup> Dabei wird dem Kältemittel Wärme (Energie) entzogen.

Der Bundesverband Wärmepumpe e.V. hat eine beispielhafte Berechnung der Betriebskosten einer Wärmepumpe im Vergleich zu einer Gasheizung erstellt (siehe Abbildung unten). Die Klimaschutzkampagne "Klima sucht Schutz" bietet einen Vollkostenrechner zur Amortisationszeit von Wärmepumpen an.<sup>5</sup>

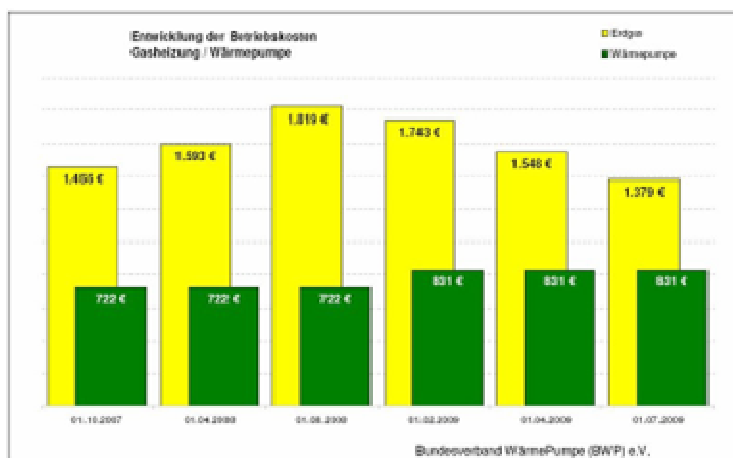


Abbildung 6: Entwicklung der Betriebskosten Gasheizung/Wärmepumpe<sup>6</sup>

Die Jahres-Arbeitszahl einer Wärmepumpe bezeichnet das Verhältnis zwischen der abgegebenen nutzbaren Energie und dem Strom, der zum Antrieb der Wärmepumpe erforderlich ist. Für eine hohe Jahres-Arbeitszahl ist der so genannte Temperaturhub entscheidend (Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Umweltenergie und der des Heizkreises). Je kleiner der Temperaturhub, umso höher die Jahres-Arbeitszahl.

Wärmepumpen können für alle Arten von Heizsystemen verwendet werden. Zur Erreichung des vollen Potenzials (Minimierung des Temperaturhubs) ist jedoch die Nutzung in Kombination mit Flächenbeheizung (z. B. Fußboden- oder Wandheizung) oder Niedrigtemperaturheizkörpern sinnvoll.

<sup>4</sup> Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.: <http://www.waermepumpe.de/fileadmin/fachpartner/110-theorie.htm> (Stand Juni 2009).

<sup>5</sup> Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.: [http://hkn2.sec2-server.de/index.php?portal\\_id=bv\\_waermepumpe](http://hkn2.sec2-server.de/index.php?portal_id=bv_waermepumpe) (Stand Juni 2009).

<sup>6</sup> Beispielhafte Berechnung anhand der Gas- und Strompreisentwicklung. Bundesverband Wärmepumpe e.V.: [www.waermepumpe.de/endverbraucher/die-waermepumpe/einfuehrung/wirtschaftlichkeit.html](http://www.waermepumpe.de/endverbraucher/die-waermepumpe/einfuehrung/wirtschaftlichkeit.html) (Stand Juni 2009).

### 1.2.1 Zentrale Wärmepumpen

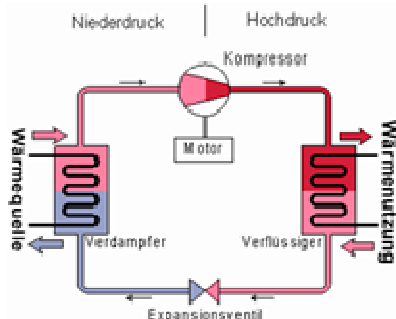


Abbildung 7: Funktionsprinzip einer Wärmepumpe (www.geopower.de)

Die am häufigsten eingesetzten Wärmepumpen sind elektrisch angetriebene Kompressions-Wärmepumpen. Das Kältemittel befindet sich dabei in einem geschlossenen Kreislauf. Es wird von einem Verdichter angesaugt, verdichtet und dem Verflüssiger zugeführt. Der Verflüssiger ist ein Wärmeüberträger, in dem die Verflüssigungswärme abgegeben wird, beispielsweise an einen Warmwasserkreis oder die Raumluft. Das verflüssigte Kältemittel wird dann zu einer Entspannungseinrichtung geführt (Kapillarrohr oder thermisches Expansionsventil). Durch die adiabate Entspannung wird das Kältemittel abgekühlt. Der Saugdruck wird durch die Regelung des Verdichters in der Wärmepumpe so eingestellt, dass die Sattdampf­temperatur des Kältemittels unterhalb der Umgebungstemperatur liegt. In dem Verdampfer wird somit Wärme von der Umgebung an das Kältemittel übertragen, welches dadurch verdampft wird. Als Wärmequelle kann die Umgebungsluft oder ein Solekreis genutzt werden, der die Wärme aus dem Erdreich aufnimmt. Das verdampfte Kältemittel wird dann von dem Verdichter angesaugt.

Wärmepumpen können über unterschiedliche Systeme betrieben werden, wie den Peltier-Effekt, die elektrische Kompression (Verbrennungsmotor), die Absorption, die Adsorption oder den magnetokalorischer Effekt (mittels Magnetfeld).

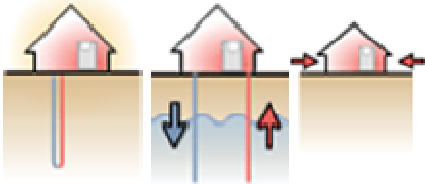
#### Weiterführende Informationen:

Die folgende Tabelle stellt unterschiedliche Wärmepumpenarten dar. Die verwendeten Wärmequellen und die Investitionskosten sind jeweils aufgeführt. (Es ist davon auszugehen, dass sich die Investitionskosten auf die Gesamtsysteme, d.h. incl. Sonde, beziehen. Dies ist jedoch nicht explizit in der Literaturquelle vermerkt).

| Wärmepumpen-System | Investition in €/kW <sub>th</sub> | Erläuterung  |
|--------------------|-----------------------------------|--|
| Luft/ Wasser       | 200 bis 500                       | <i>Außenluftwärmepumpen</i> erreichen eine Arbeitszahl unter 3 und sind im Hinblick auf die Betriebskosten, Investitionskosten und Emissionskosten generell ungünstiger als ein Gasbrennwertkessel (Mindeststandard einer Wärmeversorgung).  |
| Luft/ Wasser       | 200 bis 500                       | <i>Abluftwärmepumpen</i> werden in ein Lüftungssystem eingebunden und erreichen Arbeitszahlen zwischen 3,5 und 5. Die Anlagen sind nur sinnvoll, wenn unter gegebenen Betriebsbedingungen Arbeitszahlen von über 4 erreicht werden können. Die Praxis zeigt jedoch, dass die erwarteten Kenndaten oft nicht erreicht werden. |
| Sole/ Wasser       | 1000 bis 1500                     | <i>Solewärmepumpen</i> erreichen Arbeitszahlen von ca. 4,0. Als Wärmequellen dienen dabei Erdsonden, die in eine Tiefe bis 200m reichen. In Kombination mit Flächenkühl­systemen können diese Anlagen auch zur Raumkühlung eingesetzt werden.  |

|                |             |   |
|----------------|-------------|---|
| Wasser/ Wasser | 400 bis 800 | <p><i>Grundwasserwärmepumpen</i> erreichen mit Arbeitszahlen um 5,0 die besten Kennwerte, können aber nicht überall eingesetzt werden. Für den Einsatz dieser Wärmepumpen muss eine ganzjährige Versorgung mit Grundwasser gewährleistet sein. Außerdem sind aufwändige Brunnenbauwerke erforderlich.</p> |
|----------------|-------------|---|

Abbildung 8: Investitionskosten sowie Vor- und Nachteile von Wärmepumpen unterschiedlicher Art <sup>7</sup>



Anbieter zentraler Wärmepumpen sind unter anderem die Dimplex GmbH ([www.dimplex.de](http://www.dimplex.de)), die auch Seminare zu den Themen Heizung und Wärmepumpen anbietet, und die Stiebel Eltron GmbH & Co. KG ([www.stiebel-eltron.de](http://www.stiebel-eltron.de)).

Der Bundesverband Wärmepumpe e.V. ([www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de)) bietet verschiedene Dienstleistungen rund um Wärmepumpen an (Beratung, Wärmepumpenprüfung, Kostenvergleich, Informationsveranstaltungen).

Trotz hoher Investitionskosten zeigen Wärmepumpen im Vergleich zu anderen Heizungsarten sehr gute Werte. So sind die CO<sub>2</sub>-Emissionswerte von Wärmepumpen beispielsweise rund 38% niedriger als bei einer Gasheizung und 57% niedriger als bei einer Ölheizung. Vor Ort arbeiten diese Geräte sogar zu 100% emissionsfrei.<sup>8</sup>

Abbildung 9: Die für den Kreisprozess nötige Wärme entziehen Wärmepumpen dem Erdreich, dem Grundwasser oder der Luft ([www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de))

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Brennwertkessel, nur Wärmeherzeugung)

#### Vorteile:

- Geringe CO<sub>2</sub>-Emissionswerte
- Wärmepumpe kann sowohl zur Heizung als auch zur Kühlung verwendet werden
- Im Betrieb günstiger als Standard-Gasbrennwertkessel
- Verschiedene Förderprämien für Wärmepumpenheizungen

#### Nachteile:

- Die Technik ist (noch) sehr teuer, dadurch erheblich höhere Anschaffungskosten
- Grundwasserwärmepumpen können nur eingeschränkt eingesetzt werden
- Beim Einsatz von Solewärmepumpen sind bestimmte Restriktionen zu beachten

#### Anwendungsbarriere:

- Hohe Investitionskosten, eingeschränkte Nutzung

<sup>7</sup> Voss, K. et al. (Hrsg.): Bürogebäude mit Zukunft: Konzepte, Analysen, Erfahrungen. Köln: TÜV-Verlag, 2005.

<sup>8</sup> Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.: [www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de) (Stand Juni 2009).

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**1.2.2 Dezentrale Wärmepumpen**

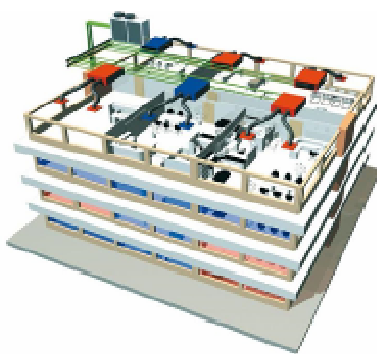


Abbildung 10: Dezentrale Wärmepumpen beim Colt Caloris Klimasystem ([www.colt-info.de](http://www.colt-info.de))

Dezentrale Wärmepumpengeräte werden zum individuellen Heizen oder Kühlen eines einzelnen Raums oder einer Gebäudezone eingesetzt. Sie nutzen zur Erwärmung oder Kühlung der Raumluft den Wasserkreislauf gleichzeitig als Wärmequelle und -senke. Dadurch wird im Gesamtsystem eine so genannte interne Wärmeverschiebung möglich, wodurch über den Wasserkreislauf Wärme, die aus einem zu kühlenden Raum entnommen, in eine andere Gebäudezone verschoben wird, in der sie zur Raumerwärmung benötigt wird, z. B. aus einem Serverraum in ein Großraumbüro.<sup>9</sup>

Trotz der hohen Investitionskosten werden dezentrale Wärmepumpen als besonders sparsam empfohlen. Die hohen Anschaffungskosten können (zumindest teilweise) durch niedrige Wartungskosten gerechtfertigt werden. Dezentrale Wärmepumpen sind sowohl für Wohnhäuser als auch für Verwaltungsgebäude sinnvoll.

**Weiterführende Informationen:**

Die Colt International GmbH<sup>10</sup> bietet mit ihrem System Caloris ein Klimaanlagensystem an, bei dem dezentrale Wärmepumpengeräte an einen zentralen Wasserkreislauf (Water Loop) angeschlossen sind.<sup>11</sup> Die Wärmepumpengeräte arbeiten mit den Kältemitteln R134a, R407C oder R410A und können vom Heizbetrieb auf Kühlbetrieb umgeschaltet werden.

<sup>9</sup> ImmoClick24 Newsportal für die Immobilienbranche:  
[http://www.immoClick24.de/cms/front\\_content.php?idcat=95&idart=872](http://www.immoClick24.de/cms/front_content.php?idcat=95&idart=872) (Stand Juni 09).

<sup>10</sup> Colt International GmbH: [www.colt-info.de](http://www.colt-info.de) (Stand Juni 2009).

<sup>11</sup> An einen zentralen Wasserkreislauf sind zum individuellen Heizen oder Kühlen eines Raums oder einer Gebäudezone dezentrale Wärmepumpengeräte (Heat Pumps) angeschlossen. ImmoClick24 Newsportal

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Brennwertkessel, nur Wärmeerzeugung)

**Vorteile:**

- Niedrige Wartungskosten
- Die Anlagen können zur Heizung und Kühlung von Räumen eingesetzt werden

**Nachteile:**

- Hohe Investitionskosten
- Schallemission

**Anwendungsbarriere:**

- Hohe Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 1.2.3 Expansions-Kompressionskältemaschine mit CO<sub>2</sub>

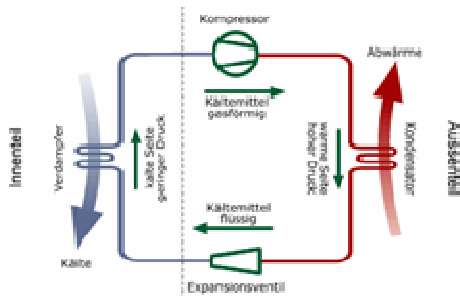


Abbildung 11: Funktionsweise einer Kompressionskältemaschine (www.pianta-ag.ch)

Kohlendioxid wird als umweltverträgliche Alternative zu Fluorchlorkohlenwasserstoffe momentan verstärkt im Bereich der Kältetechnik eingesetzt.

Durch eine Modifikation des Kühlprozesses unter Beachtung der besonderen thermodynamischen Eigenschaften des Kohlendioxids können die Nachteile (hoher Betriebsdruck und niedrige theoretische Leistungszahl) ausgeglichen werden.<sup>12</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Die Technische Universität Dresden hat eine CO<sub>2</sub>-Kompressionskältemaschine entwickelt, die nach dem Freikolbenprinzip arbeitet (Angabe von 2006).<sup>13</sup> Diese Anlage benötigt aufgrund ihrer Bauart weniger Wartung als das herkömmliche System und die Lebensdauer des Kolbens, der sich ohne Reibung bewegt, ist bedeutend länger. Dies wiederum verlängert die Betriebsdauer der gesamten Anlage.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Kompressionskältemaschine mit herkömmlichen Kältemitteln)

##### Vorteile:

- Gute ökologische und sicherheitstechnische Eigenschaften des Kohlendioxids
- Geringes Druckverhältnis bei der Verdichtung

<sup>12</sup> TU Dresden: [http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_maschinenwesen/iet/kkt/veroeffentlichungen/co2\\_arbeitsleistende\\_entspannung](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/kkt/veroeffentlichungen/co2_arbeitsleistende_entspannung) (Stand Juni 2009).

<sup>13</sup> TU Dresden: [http://tu-dresden.de/die\\_tu\\_dresden/fakultaeten/fakultaet\\_maschinenwesen/iet/kkt/veroeffentlichungen/co2\\_arbeitsleistende\\_entspannung](http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_maschinenwesen/iet/kkt/veroeffentlichungen/co2_arbeitsleistende_entspannung) (Stand Juni 2009).

- Gute Wärmeübertragungseigenschaften

**Nachteile:**

- Benötigter hoher Betriebsdruck für die Anwendung des Kohlendioxids als Kältemittel (trotz geringerer Druckverhältnisse bei der Verdichtung)
- Die theoretische Leistungszahl des Kohlendioxids<sup>14</sup> (bei der energetischen Bewertung von transkritischen CO<sub>2</sub>-Prozessen) ist im Vergleich zu Prozessen mit FKW bzw. brennbaren Kältemitteln sehr niedrig

**Anwendungsbarriere:**

- Niedrigere Leistungszahl als herkömmliche Kältemittel

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

<sup>14</sup> Die Leistungszahl ist ein Maß für den Wirkungsgrad, der das Verhältnis zwischen der abgegebenen Kälteenergie zur aufgenommenen Antriebsenergie zeigt. Je höher die Leistungszahl desto effizienter ist die Kältemaschine (bzw. Wärmepumpe).



### 1.3 Photovoltaik

Bei den Photovoltaik-Kollektoren (Solarzellen) wird das Sonnenlicht nicht in Wärme, sondern in elektrischen Strom umgewandelt. Solarzellen werden in verschiedene Kategorien eingeteilt und nach ihrer Struktur sowie den verwendeten Basismaterialien bezeichnet. Bei der Struktur wiederum wird grundsätzlich zwischen kristallinen (mono- und polykristallin) und den neueren Dünnschicht-Solarzellen unterschieden. Ein für Solarzellen geeignetes und bei den heutigen Zellen hauptsächlich eingesetztes Material ist Silizium (Si). In jüngster Zeit werden bei den Dünnschicht-Solarzellen weitere Halbleiterverbindungen wie z. B. Cadmium-Tellurid (CdTe) oder Kupfer-Indium-Selen (CIS) verwendet. Kristalline Solarzellen werden aufgrund der vorhandenen Fertigungskapazitäten in den nächsten Jahren weiterhin eine dominierende Rolle spielen, wobei die Dünnschicht-Solarzellen aufgrund des geringeren Materialbedarfs und des hohen Kosteneinsparpotenzials verstärkt an Bedeutung gewinnen werden.

Dabei wird Silizium in mono- und polykristalliner und amorpher Form eingesetzt. Überwiegend findet für Solarzellen mono- und polykristallines Silizium Anwendung. Es wird aus Kristallblöcken geschnitten und weist einen Wirkungsgrad von rund 14 bis 18 % auf.<sup>15</sup>

|                       | amorph                      | monokristallin              | polykristallin                   |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Zellen-Wirkungsgrad   | 10,5 %                      | 13 %                        | 13 %                             |
| Modul                 | 4,8 bis 6,2 %               | 10,2 bis 11,4 %             | 5,5 bis 13,5 %                   |
| Flächenbedarf         | 14 bis 20m <sup>2</sup> /kW | 10 bis 14m <sup>2</sup> /kW | 9 bis 18m <sup>2</sup> /kW       |
| Temperaturkoeffizient | -0,22 %                     | -0,46 %                     | -0,43 %                          |
| Leistungsgarantie     | 80 % über 20 Jahre          | 80 % über 20 Jahre          | 75 bis 95 % über 20 bis 30 Jahre |
| Produktgarantie       | 2 bis 10 Jahre              | 20 Jahre                    | 10 bis 30 Jahre                  |
| Preis                 | 3,8 bis 8,22 €/Watt         | 9,30 bis 12,5€/Watt         | 5,35 bis 11,60€/Watt             |

Abbildung 12: Datenvergleich amorpher, mono- und polykristalliner Solarzellen (Angaben 2008)<sup>16</sup>

Die Entwicklung geht jedoch in Richtung des amorphen Siliziums, da es durch Aufdampfen auf ein Trägermaterial großflächig und damit kosten- und materialsparend hergestellt werden kann.

<sup>15</sup> Hegger, M.; Fuchs, M.; Stark, T.; Zeumer, M.: Energie Atlas – Nachhaltige Architektur. Basel: Birkhäuser – Verlag für Achitektur, 2008.

<sup>16</sup> Theiß, E.: Regenerative Energietechnologien – Anlagenkonzepte, Anwendungen, Praxistipps. Stuttgart: IRB-Verlag, 2008.

Der Wirkungsgrad liegt zwischen 5 und 7%.<sup>17</sup> Ohne eine staatliche Förderung wäre der Einsatz von Photovoltaikanlagen bei den aktuellen Energiepreisen nicht wirtschaftlich und auf Nischen, wie Bereiche, in denen kein Stromnetz zur Verfügung steht, beschränkt. In Deutschland wird deshalb die Einspeisevergütung durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) reglementiert. Dadurch lassen sich Amortisationszeiten zwischen 15 und 18 Jahren erzielen. Der Energierückfluss, d. h. die Zeit, die die Zellen benötigen, um so viel Energie zu erzeugen wie zu ihrer Herstellung benötigt wurde, liegt zwischen 2 und 6 Jahren.<sup>18</sup>

### 1.3.1 Dünnschichtphotovoltaik-Scheiben, Silizium-Dünnschicht-Module



Abbildung 13: Gebäudeintegrierte Photovoltaik – (www.glaswerke-arnold.de)

Dünnschichtphotovoltaik-Scheiben bilden ein optisch durchsichtiges Netz, sind 50- bis 100-mal dünner als ein menschliches Haar und genauso effizient wie die voluminöseren Dickschicht-Solarzellen. Sie können bis zu 60 kWh elektrischer Energie pro Quadratmeter und Jahr erzeugen. Zudem wird die hochmoderne Technologie als Bestandteil der Fassade unauffällig in Neubauten integriert. Das gängigste Material für Dünnschichtzellen, amorphes Silizium, wird wie ein Film in einer dünnen Schicht mittels Plasmaverfahren auf eine Glasscheibe aufgebracht. Daher sind die Dünnschicht-Module mit einem Gewicht von 20 bis 30 mg/m<sup>2</sup> viel leichter als wafer-basierte Module, welche als Scheiben (wafer) aus einem Silizium-Barren heraus gesägt werden und bis zu 1kg/m<sup>2</sup> schwer sein können. Des Weiteren sind Dünnschichtzellen gegenüber kristallinen Scheiben deutlich energieeffizienter. So produzieren sie auch bei nicht vorhandener direkter Sonneneinstrahlung Strom und sind nur geringfügig temperaturabhängig. Bei einem Neigungswinkel von weniger als zehn Grad sind Dünnschichtmodule noch voll leistungsfähig. Vor allem in Deutschland und anderen nordeuropäischen Ländern bieten sie damit optimale Voraussetzungen.<sup>19</sup>

noch voll leistungsfähig. Vor allem in Deutschland und anderen nordeuropäischen Ländern bieten sie damit optimale Voraussetzungen.<sup>19</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Die geforderte hohe Licht-Absorption trotz einer geringen Schichtdicke wird einerseits durch den Einsatz von „direkten“ Halbleitern wie Kupfer-Indium-Diselenid oder Cadmium-Tellurid erreicht. Andererseits wird eine Verlängerung des Lichtweges in der Solarzelle durch die Integration von so genanntem Lichtfallen ermöglicht, so dass hohe Wirkungsgrade auch mit sehr dünnen Schichten aus kristallinem Silizium erreicht werden, einem "indirekten" Halbleiter mit Kristallgitterdefekten. Die Wirkungsgrade der Dünnschichtmodule liegen unter den Spitzenwirkungsgraden einzelner Zellen.<sup>20</sup> Dies liegt besonders daran, dass Laborwirkungsgrade Bestwerte für ausgesuchte kleine Flächen darstellen (typischerweise in der Größe weniger mm<sup>2</sup> bis cm<sup>2</sup>) und keine Verluste durch die Modulverschaltung enthalten.<sup>21</sup>

<sup>17</sup> Koch Solardach GmbH: www.koch-solardach.de (Stand Juni 2009).

<sup>18</sup> Hegger, M.; Fuchs, M.; Stark, T.; Zeumer, M.: Energie Atlas – Nachhaltige Architektur. Basel: Birkhäuser – Verlag für Achitektur, 2008.

| Solarzellentyp                 | Modulwirkungsgrad (%) | Modulfläche (m <sup>2</sup> /kW) |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| <b>Dickschicht-Solarzellen</b> |                       |                                  |
| Monokristalline Siliciumzellen | 12 bis 17             | 7 bis 9                          |
| Polykristalline Siliciumzellen | 10 bis 14             | 8 bis 11                         |
| <b>Dünnschicht-Solarzellen</b> |                       |                                  |
| Kupfer-Indium-Diselenid (CIS)  | 8 bis 10              | 11 bis 13                        |
| Cadmium-Tellurid (CdTE)        | 6 bis 8               | 14 bis 18                        |
| Amorphe Siliziumzellen         | 4 bis 7               | 16 bis 20                        |

Abbildung 14: Datenvergleich zwischen Dickschicht- und Dünnschicht-Solarzellen (Angaben 2008)<sup>22</sup>

#### Inkjet-Technologie (Fertigungsverfahren):

Ein spezielles Fertigungsverfahren für kristalline Dünnschichtzellen aus Silizium stellt CSG (Crystalline Silicon on Glass) dar, wobei eine weniger als zwei Mikrometer dünne Siliziumschicht direkt auf einen Glasträger aufgebracht wird. Hierbei wird die kristalline Struktur nach einer Wärmebehandlung bewirkt. Die Stromführung wird mittels Laser- und Tintenstrahldrucktechnik aufgebracht. Der Wirkungsgrad von Solarzellen wird durch die Inkjet-Technologie gesteigert und die Solarzellen erreichen auf diese Weise bei gleichen Abmessungen einen höheren Leistungsgrad. Der Schmid-Gruppe gelang es mit Hilfe bewährter Inkjet-Technologien, den Zellen-Wirkungsgrad durch Erzeugung selektiver Emittoren um 0,4 bis 0,8 % zu steigern. Die Effizienz im Labor liegt bei 10%, eine Effizienz über 12% ist prinzipiell äußerst schwierig.<sup>23</sup>

#### Informationsportale:

- [www.energieportal24.de](http://www.energieportal24.de)

#### Verbände:

- Bundesverband Solarwirtschaft
- Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
- Unternehmensvereinigung Solarwirtschaft (UVS)

<sup>19</sup> Arnold Zentralverwaltungsgesellschaft mbH: [www.glaswerke-arnold.de](http://www.glaswerke-arnold.de) (Stand Juni 2009).

<sup>20</sup> Der Solarserver – Internetportal zur Sonnenenergie: <http://www.solarserver.de/solarmagazin/artikeljuni2006.html> (Stand Juni 2009).

<sup>21</sup> Der Solarserver – Internetportal zur Sonnenenergie: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de) (Stand Juni 2009).

<sup>22</sup> Theiß, E.: Regenerative Energietechnologien – Anlagenkonzepte, Anwendungen, Praxistipps. Stuttgart: IRB-Verlag, 2008.

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**



---

<sup>23</sup> CSG Solar AG: [www.csgsolar.com](http://www.csgsolar.com) (Stand Juni 2009).

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

**Vorteile:**

- Erhebliche Material- und Energieeinsparung (gegenüber kristallinen Paneelen) bei der Herstellung durch direktes Auftragen des Materials auf Trägerschicht aus Glas, Metall oder Kunststoff
- Technischer Vorteil, da sie diffuses oder schwaches Sonnenlicht effizienter nutzen als kristalline Paneele
- Geringere Anfälligkeit bei Verschattung
- Höhere Formflexibilität
- Lichtdurchlässig und schattenspendend
- Flexibel als vorgehängte Kaltfassade oder Isolierglasfassade/Überkopf-Verglasung verwendbar
- unbegrenzt einsetzbar

**Nachteile:**

- Hohe Investitionskosten
- Geringerer Wirkungsgrad und dadurch bedingt größere Modulfläche gegenüber kristallinen Modulen

**Anwendungsbarriere:**

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 1.3.2 Hocheffiziente Laserleistungszellen

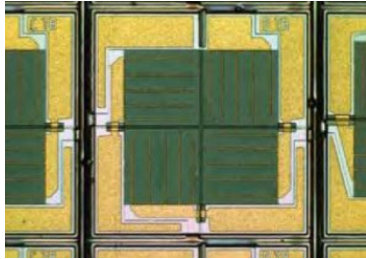


Abbildung 15: Laserleistungszelle (Fraunhofer ISE)

Hocheffiziente Laserleistungszellen sind Mehrfachsolarzellen, die auf III-V Halbleitern, einer Verbindung von Materialien der chemischen Hauptgruppen III (Erdmetalle/Borgruppe) und V (Stickstoff-Phosphor-Gruppe), basieren. Ihre Wirkungsgrade liegen unter konzentrierter Sonneneinstrahlung im Bereich von 40%. Wirkungsgrade über 50% werden erreicht, wenn eine monochromatische Strahlungsquelle (Strahlung auf einer genau definierten Wellenlänge) anstelle des Sonnenspektrums zur Beleuchtung der PV-Zelle genutzt wird. Das Anwendungsfeld der Laserleistungszelle ist vielfältig. Interessant ist z. B. eine optische Energieversorgung in explosionsgefährdeten oder

stark elektromagnetisch empfindlichen Umgebungen, wenn das Verlegen von elektrischen Kabeln vermieden werden soll. Videokameras, Sensoren oder Schalter können dann über den Lichtweg mit Energie versorgt werden.

Die Anwendbarkeit der Technologie für die gebäudeintegrierte Photovoltaik wird geprüft.

#### Weiterführende Informationen:

Forschungsprojekt „Hocheffiziente Laserleistungszelle“, Fraunhofer ISE:<sup>24</sup>

In diesem Projekt wurden verschiedene Halbleitermaterialien wie Gallium-Antimonid (GaSb), Gallium-Arsenid (GaAs) und Gallium-Indium-Phosphid (GaInP) eingesetzt, um möglichst hohe Wirkungsgrade für spezifische Laserwellenlängen zu erzielen. Um eine hohe Ausgangsspannung zu erreichen werden auf einem Chip einzelne Zellen verschaltet, womit es gelingt, den Spannungsbereich von 1-6 Volt abzudecken. Des Weiteren werden Tandemzellen für die monochromatische Bestrahlung in GaAs entwickelt, die eine Spannung von 2 Volt ermöglichen.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

##### Vorteile:

- Hoher Wirkungsgrad

##### Nachteile:

- Hohe Investitionskosten

##### Anwendungsbarriere:

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)

<sup>24</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg (Projektbericht „Hocheffiziente Laserleistungszelle“).

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

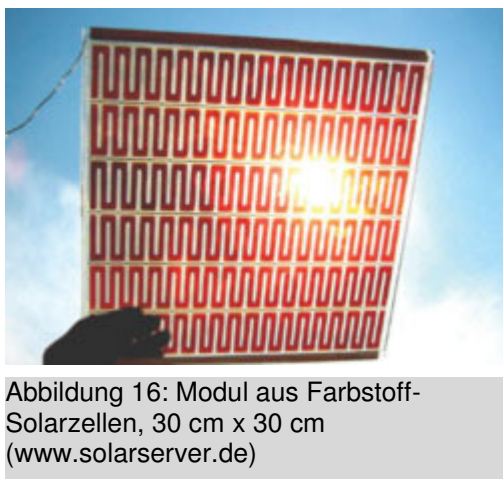
**1.3.3 Farbstoff-Solarzellen (Grätzel-Zelle)**

Abbildung 16: Modul aus Farbstoff-Solarzellen, 30 cm x 30 cm (www.solarserver.de)

Die nach dem Wissenschaftler Michael Grätzel (Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne, Schweiz) benannte Grätzel-Zelle ist ihrer Funktion nach auch als elektrochemische Farbstoff-Solarzelle bekannt. Zur Absorption von Licht verwendet die elektrochemische Farbstoff-Solarzelle kein Halbleitermaterial, sondern organische Farbstoffe, wie den Blattfarbstoff Chlorophyll.

Der Aufbau der Zelle besteht aus mehreren Schichten, wobei die erste Schicht eine lichtdurchlässige Glasplatte bildet, welche auf einer Seite mit elektrisch leitendem Zinnoxid beschichtet ist, welches als Elektrode dient. Darüber liegt eine Schicht Titandioxid, welches einen elektrischen

Halbleiter darstellt. Durch das Auftragen des Titandioxides per Sinterverfahren erhöht sich die Oberfläche des Titandioxides um das tausendfache, wodurch eine bessere Aufnahme des Farbstoffes, der darauf angebracht wird, garantiert wird.<sup>25</sup> Später wird eine Jod-Jodid-Lösung (oder ein anderes Elektrolyt) darüber gegeben und mit einer Glasplatte samt Elektrode verschlossen. Die Farbstoffsolarzellen werden mit dem Farbstoff nach der Versiegelung mittels Glasloten durchspült bis die Einfärbung vollständig ist. Nanotechnologischer Fortschritt ermöglicht eine vielfach vergrößerte Lichtabsorption und führt so zu einer Effizienzsteigerung der Farbstoffsolarzellen auf ca. 8%. Modulwirkungsgrade von 4-5% sind realistisch.<sup>26</sup> Zukünftig werden Wirkungsgrade bis 12% möglich sein.<sup>27</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Forschungsprojekt „ColorSol<sup>®</sup> - Nachhaltige Produktinnovationen durch Farbstoffsolarzellen“, Netzwerkprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).<sup>28</sup>

Ein großes Problem stellte bisher die Dichtheit der Zellen dar, da in ihnen eine kleine Menge flüssigen Elektrolyts vorhanden ist. Mit dem siebgedruckten Glaslot gelang es, im Forschungsprojekt ColorSol® die Glasplatten hermetisch nach außen zu versiegeln und innen empfindliche Materialien vor Degradation zu schützen. Die bereits gute Langzeitstabilität der Zellen erreichte infolgedessen mehrere 1000 Stunden beschleunigter Alterungstest unter unterschiedlichsten Bedingungen.

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

#### Vorteile:

- Niedrige Herstellungskosten (etwa 1/5 der Kosten einer Siliziumzelle)
- Sozial-positive Auswirkungen (auch Zugang für Nutzer in Entwicklungs- und Schwellenländern)
- Preiswerte Grundsubstanzen
- Einfache Herstellungsmethode
- Geringere Umweltbelastung bei der Herstellung
- Ausnutzung diffusen Lichtes besser als bei herkömmlichen Solarzellen (doppelt so effizient bei schwachen Lichtverhältnissen, auch im Innenraum einsetzbar)
- Kann durch gezielt für das Absorptionsspektrum entwickelte Farbstoffkomplexe das Lichtspektrum besser ausnutzen
- Transparenz der Zellen ermöglicht Stapelzellen
- Flexibel einsetzbar, freie Farb- und Formgebung
- Das verwendete Pigment Titandioxid ist ungiftig

#### Nachteile:

- Niedrigere Effizienz als Siliziumzellen
- Niedrige Langzeitstabilität (Farbstoff, Versiegelung) – noch zu kurze Lebensdauer, da sich der Farbstoff nach einigen Zyklen zersetzt, wobei mehrere Monate oder gar wenige Jahre zur Zeit realisierbar sind

#### Anwendungsbarriere:

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)



**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**1.3.4 Konzentrator-Zellen (FLATCON<sup>®</sup>-Technologie)**


Abbildung 17: Konzentrator-Linsen für Solarzellen ([www.wallstreet-online.de](http://www.wallstreet-online.de))

Ein FLATCON<sup>®</sup>-Modul besteht hauptsächlich aus einem Glas-Kasten, an dessen Oberseite Fresnel-Linsen angebracht sind. Eine nur 0,031 cm<sup>2</sup> große hocheffiziente Solarzelle, welche sich an der Unterseite befindet, wandelt im Brennpunkt der Fresnel-Linsen das 500-fach konzentrierte Sonnenlicht direkt in elektrische Energie um. In erster Linie bestimmen die Solarzellen die Leistungsfähigkeit des Moduls, weshalb besonders leistungsfähige Kaskaden-Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad verwendet werden. Damit der Brennpunkt der Linse jederzeit den aktiven Bereich der Solarzelle trifft, werden die Konzentrator-Module zweiachsig der Sonne nachgeführt. Das FLATCON<sup>®</sup>-System besteht aus mehreren einzelnen Modulen, die auf einer Nachführeinheit (Tracker) installiert sind. In Zukunft wird

die Leistung einzelner Systeme 5-15 kW betragen.

Es werden Module von Tandemsolarzellen aus Gallium-Indium-Phosphid (GaInP)/Gallium-Indium-Arsenid (GaInAs) mit einem Wirkungsgrad von nahezu 30% eingesetzt, wobei real erreichbare Modulwirkungsgrade von 22,7% gemessen wurden.

Auch Tripel-Solarzellen auf der Basis von GaInP/GaInAs/Germanium (Ge) mit Wirkungsgraden bis zu 35% wurden bereits realisiert. Die ganz aus Glas gefertigten Module arbeiten mit derselben Zuverlässigkeit und Langlebigkeit wie die etablierten Module der Siliziumtechnik. Eine kostengünstige Produktion von qualitativ hochwertigen Modulen wird durch das einfach gehaltene Design und die Ausnutzung gut beherrschter Produktionstechnologien sichergestellt.

Eine detaillierte Kostenprognose für ein angenommenes Produktionsvolumen von 20 MW/a wurde für eine Fertigung im Jahr 2010 durchgeführt. Die Kosten für Material, Maschinen, Personal etc. wurden auf ein einzelnes Modul bzw. auf die Modulleistung bezogen und somit die direkten und indirekten Kosten für das FLATCON<sup>®</sup>-System ermittelt. Die Herstellkosten für

das System (unter Einbeziehung eines Sicherheitszuschlags von 5%) ergeben sich zu 2,35 €/Wp.<sup>29</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Vertrieben wird diese Technologie z. B. von der Concentrix Solar GmbH, welche 2007 den Innovationspreis der Deutschen Wirtschaft für die Entwicklung innovativer Konzentratorsysteme auf Basis der FLATCON<sup>®</sup>-Hochleistungstechnologie gemeinsam mit dem Fraunhofer ISE erhielt.<sup>30</sup>

Informationsportale:

- [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

**Vorteile:**

- Die benötigte aktive Solarzellenfläche lässt sich durch Konzentration des Sonnenlichts auf einen Bruchteil der herkömmlichen Solarmodule reduzieren (500-fache Konzentration des Sonnenlichts). Dies ermöglicht den Einsatz hochwertigerer Solarzellen mit höherem Wirkungsgrad.
- Die energetische Amortisationszeit liegt mit etwa einem Jahr deutlich unter der von konventionellen Silizium-Solarmodulen (3-4 Jahre).
- Geringere Silizium-Zellen-Bestückung
- Robustheit

**Nachteile:**

- Hohe Investitionskosten
- Optisch, gestalterische Nachteile

**Anwendungsbarriere:**

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)
- Gestalterisch unattraktiv

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 1.3.5 Solare Fassadeneindeckung (Solartec)

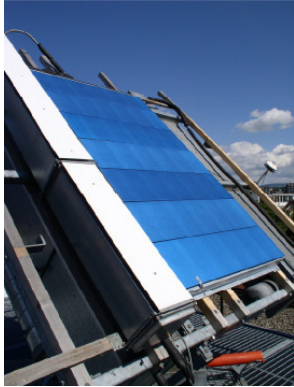


Abbildung 18: Thyssen Krupp Solartec PV-System ([www.thyssen-solartec.com](http://www.thyssen-solartec.com))

Bei Solartec handelt es sich um einschalige oder wärmegeämmte Stahlbauelemente mit integriertem Solarmodul auf Basis nanokristalliner Dünnschichtzellen, wobei drei Solarzellen übereinander liegen und jede für einen anderen Spektralbereich des Tageslichtes empfindlich ist. Die Photovoltaik-Elemente werden im Dach oder in der Fassade integriert, was durch die Vermeidung zusätzlicher Aufständigung und Montagearbeiten Kosten spart. Im Vergleich zu kristallinen Photovoltaik-Systemen erzielt Solartec bis zu 20% mehr Jahresstromertrag aufgrund des innovativen Aufbaus der Solarzellen.<sup>31</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Warmspaltanlage TKS Duisburg:

In Duisburg-Beeckerwerth wurden die Montagearbeiten für das größte Solartec-Projekt Europas an einer Industriefassade abgeschlossen. Hierbei wurde eine Fläche von ca. 1400 m<sup>2</sup> des Photovoltaik-System ThyssenKrupp Solartec mit einer Gesamtnennleistung von ca. 50 kWp angebracht.<sup>32</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

##### Vorteile:

- Ersetzen komplett die konventionelle Dacheindeckung oder Fassadengestaltung (keine Zusatzkosten für Dachziegel etc.)
- Vereint Energieerzeugung, Wärmedämmung, Lastabtragung und Raumabschluss in einem einzigen optisch repräsentativen Stahlbauelement
- Bewirkt einen bis zu 20% höheren Jahresstromertrag als bei herkömmlichen PV-Systemen (schnellere Amortisation)
- Besitzt einen geringeren Leistungsabfall bei höheren Temperaturen als herkömmliche PV-Anlagen
- Herstellung der Dünnschichtzellentechnik ist ökologischer durch geringeren Ressourcenverbrauch und geringeren Verbrauch von Energie bei der Herstellung
- Regenerative Energie
- CO<sub>2</sub>-neutral

##### Nachteile:

- Hohe Investitionskosten

**Anwendungsbarriere:**

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 1.3.6 Fluoreszenzkollektor auf PMMA-Basis

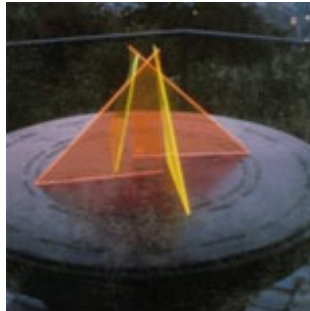


Abbildung 20: Fluoreszenzkollektor des Fraunhofer ISE (www.baulinks.de)

Mit dem Fluoreszenzkollektor auf PMMA- Basis (Polymethylmethacrylat) konnte mit einem elektrischen Wirkungsgrad von 6,7 % ein Weltrekord für Fluoreszenzkollektoren aufgestellt werden. Bei Fluoreszenzkollektoren filtern farbige Platten einen Teil des Sonnenlichts heraus und lenken ihn auf spezielle Solarzellen am Plattenrand.

Dabei kamen 20 Jahre alte Fluoreszenzkollektoren auf PMMA-Basis zum Einsatz. Die Sonne wurde auf einen 2 cm<sup>2</sup> großen Stapel aus einer gelben und einer roten Platte geleitet. An den Kanten wandeln 4,8 cm<sup>2</sup> Gallium Indium Phosphid Solarzellen das austretende Licht in Strom um. 6,7 % der auftreffenden Solarenergie wurde so in elektrische Energie umgewandelt. Die Fläche des Fluoreszenzkollektors muss deutlich gesteigert werden, damit sie größer als die Solarzellenfläche ist und für den praktischen Gebrauch

geeignet ist. Erst dann kann das System wirtschaftliche Vorteile bringen. Denn die Grundidee des Fluoreszenzkollektors beinhaltet, dass das Sonnenlicht von großflächigen Platten gesammelt wird, von einem fluoreszierenden Farbstoff in der Platte umgewandelt und durch Totalreflexion zu den Solarzellen an der Kante geführt wird. Ist die Kantenfläche kleiner als die Oberfläche der Platte, wird das Licht konzentriert und es werden weniger der teuren Solarzellen benötigt, als wenn man die gesamte Fläche belegen würde.<sup>33</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Prinzipiskizze eines Fluoreszenzkollektors:<sup>34</sup>

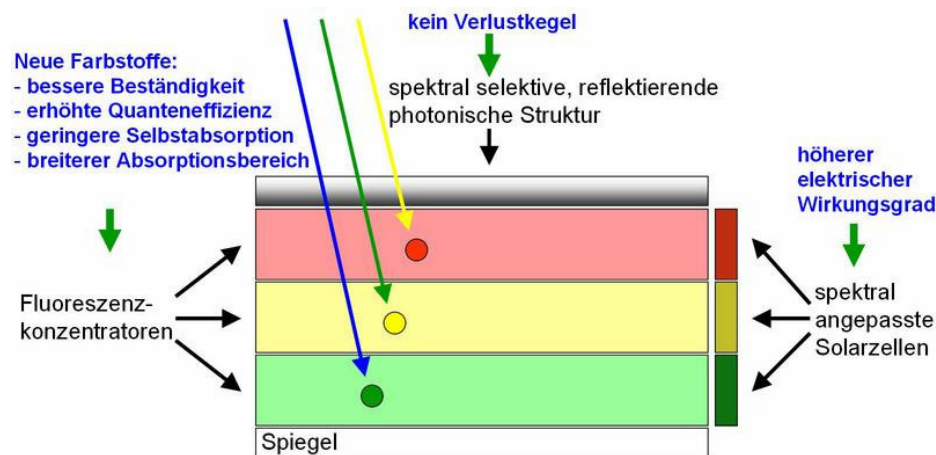


Abbildung 21: Forschungsprojekt Fluoreszenzkollektor (Fraunhofer ISE)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: polykristalline Siliziumzelle)

**Vorteile:**

- Im Gegensatz zu Systemen auf Basis von Linsen und Spiegeln kann der Fluoreszenzkollektor auch diffuses, nicht gerichtetes Licht aufkonzentrieren
- Ermöglicht eine Flächeneinsparung an Solarzellen, was zu günstigen Systemkosten führen kann

**Nachteile:**

- Energieverluste durch Reflexion an der Oberfläche sowie die nach unten und oben entweichende nicht totalreflektierte Strahlung
- Niedriger Wirkungsgrad (kann aber durch Stapelbildung und Verspiegelung etwas erhöht werden)
- Durch Ausbleichen des Farbstoffs kann nach längerer Laufzeit die Leistungsfähigkeit eines Kollektors vermindert werden

**Anwendungsbarriere:**

- Ungenügender Reifegrad (Wirtschaftlichkeit)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 2 Themenfeld 2: Energiequellen und Energiesenken

### 2.1 Biomasse

Biomasse ist derzeit weltweit der bedeutendste erneuerbare Energieträger. Die Erzeugung von Wärme und Strom aus festen Reststoffen geschieht üblicherweise in Verbrennungsanlagen. Nasse Reststoffe werden für die Biogasproduktion verwendet.

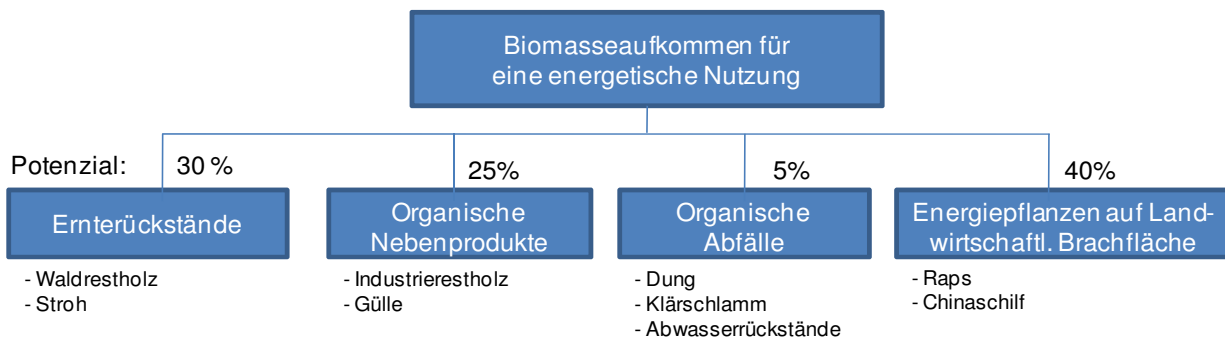


Abbildung 22: Energetisch nutzbares Biomasseaufkommen in Deutschland mit prozentualer Verteilung<sup>35</sup>

#### 2.1.1 Scheitholz, Holzpellets, Holzhackschnitzel



Die älteste Technik der energetischen Nutzung von Biomasse ist die Verbrennung von Holz (Scheitholzfeuerung). Moderne Scheitholzkessel ermöglichen zwar Wirkungsgrade von bis zu 90 %<sup>36</sup> – die Beschickung muss jedoch manuell erfolgen und der Wartungsaufwand des Kessels ist hoch.



Durch die Aufbereitung des Holzes zu Hackschnitzeln wird die automatische Beschickung entsprechender Heizanlagen ermöglicht. Die Beschickung erfolgt dabei mit elektrischen Förderschnecken oder Kratzkettenförderern.

Hackschnitzel: Der Einsatz von Holzhackschnitzelanlagen erreicht aufgrund des kostengünstigen Rohstoffs (geringe Aufbereitung) gute ökonomische Kennwerte. Aufgrund des relativ hohen Wartungs- und Beschickungsaufwands ist er vornehmlich für große Heizzentralen sinnvoll. Im Gegensatz zu Holzpellets haben Holzhackschnitzel unterschiedliche Qualitäten und einen unterschiedlichen Wassergehalt. Daher sind die Verbrennungsprozesse oft unregelmäßig und schwer zu kontrollieren.

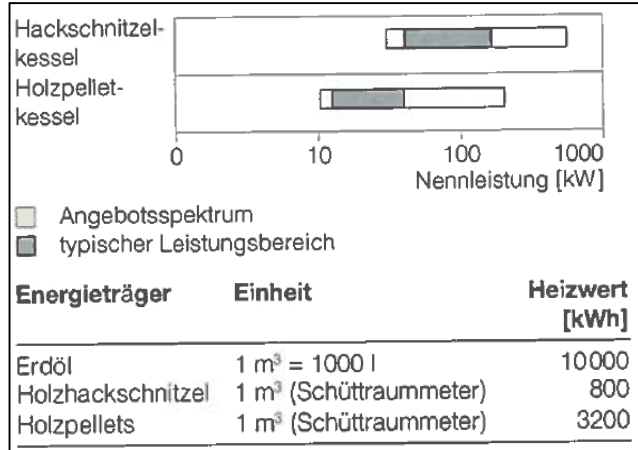
Abbildung 23: Holzhackschnitzel, Holzpellets (www.thema-energie.de)

Gegenüber einfach gehackten Holzschnitzeln stellen Holzpellets eine besonders hochwertige Form der Holzbiomasse dar. Die Qualität von Holzpellets ist über die DIN 51731 bezüglich Abmessung, Dichte, Wasser- und Aschegehalt etc. definiert, wodurch eine exakte Anpassung der Systemtechnik ermöglicht wird. Dadurch läuft die Verbrennung unter konstanten Bedingungen ab, was zu Wirkungsgraden deutlich über 90 % und sehr geringen Emissionen führt.



**Weiterführende Informationen:**

Angebotsspektrum und typische Leistungsbereiche von Verfeuerungsanlagen:


 Abbildung 24: Kennwerte Holz hackschnitzel und Pellets<sup>37</sup>

Platzbedarf: Der Lagerplatz des Brennstoffs sollte sich in der Nähe, bzw. neben dem Heizraum befinden, da eine Förderung von Pellets und Hackschnitzeln über eine längere Strecke nur mit großem Aufwand zu realisieren ist. Die nötige Lagerraumgröße kann mit folgenden Formeln abgeschätzt werden:

Hackschnitzel: 1,3 – 2,6 m<sup>3</sup>/kW Heizlast

Holzpellets: 1 m<sup>3</sup>/kW Heizlast

Bei der Dimensionierung des Lagerraums sollte auf ein wirtschaftliches Verhältnis von Lagerraumgröße zur Anzahl von Befüllungen geachtet werden.

Förderung: Die neuen umweltpolitischen Zielsetzungen und finanziellen Anreize fördern den Biomasseeinsatz in der Energieversorgung.

Online Informationsportal: [www.energiefoerderung.info](http://www.energiefoerderung.info)

Gefördert werden nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Stand Juni 2007:<sup>38</sup>

- Automatisch beschickte Biomasse-Wärmeerzeuger. Die Förderung beträgt für Pellet-Wärmeerzeuger, Pelletöfen und Kombination-Wärmeerzeuger Pellets-Scheitholz bis zu einer Nennleistung von 100kW, Förderung: 24€/kW, mindestens jedoch 1000€.
- Hackschnitzel-Wärmeerzeuger, Förderung: 500€/Anlage
- Scheitholzvergaser-Wärmeerzeuger mit einer Nennwärmeleistung von 15kW bis 30kW, Förderung 750€/Anlage

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Erdgas)

**Vorteile:**

- Nutzung nachwachsender Rohstoffe (CO<sub>2</sub>-neutral)

**Nachteile:**

- Hohe Aufwände für die Versorgung (Logistik und Beschickung) und Wartung



- Separater Lagerraum für Energieträger
- Hauptsächlich relevant für den Wohnungsbau
- Schadstoffemissionen durch unvollständige Verbrennung (Feinstaub, NO<sub>x</sub>)

**Anwendungsbarriere:**

- Hoher Flächenbedarf für Lagerraum bei Bürogebäuden (Tanks)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**2.1.2 Biogasnutzung aus Abfall und Abwasser**


Abbildung 25: Biogas Blockheizkraftwerk (enertec Kraftwerke GmbH)

In Deutschland beträgt der Anteil von Erdgas am gesamten Primärenergieverbrauch rund 22 %. Es besteht hauptsächlich aus dem Kohlenwasserstoff Methan, das sich auf natürliche Weise durch Zersetzung urzeitlicher Biomasse unter Luftabschluss gebildet hat.<sup>39</sup> Dieser Prozess lässt sich auch in einem Faulbehälter erzeugen, indem Biomasse unter Luftabschluss zersetzt wird. Dieses Biogas besteht zu rund 60 % aus Methan und muss zur energetischen Nutzung weitgehend entfeuchtet und entschwefelt werden. Die Nutzung von Biogas ist CO<sub>2</sub>-neutral, da nur die Menge an Kohlendioxid bei der Verbrennung frei wird, die die Pflanzen während ihres Wachstums aufnehmen. Biogas wird meist in Blockheizkraftwerken eingesetzt, da die Motoren unempfindlich gegenüber der schwankenden Gaszusammensetzung sind.<sup>40</sup>

Der Einsatz in Brennstoffzellenkraftwerken oder Gasturbinen wurde bereits in Pilotanlagen realisiert. Für die Biogasgewinnung stehen zwei Verfahren zur Verfügung. Bei der Nassvergärung werden nasse bzw. flüssige Reststoffe aufbereitet. Meist wird dieses Verfahren angewandt, da die Trockenvergärung noch in der Entwicklung ist. Als Biomasse eignen sich deshalb besonders nasse Reststoffe wie Gülle, Grünabfall, Bioabfall oder Silomais.

Auch Abwasser ist zur Gewinnung von Bio-Reststoffen geeignet. Dazu wird das Abwasser mit leistungsfähigen Membranfiltern gereinigt. Aus den herausgefilterten organischen Stoffen erzeugt ein Reaktor Biogas, welches die Anlage später mit Strom und Wärme versorgt.

Überschüssiger Strom kann ins Stromnetz eingespeist werden.

Dieses bisher oft ungenutzte Potenzial zur Erzeugung von Strom und Prozesswärme aus Biogas in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen besteht momentan vor allem in Industriebetrieben mit organisch hoch belasteten Abwässern.<sup>41</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Informationsportale:

- [www.ask-eu.de](http://www.ask-eu.de) (access to sustainable knowledge)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Erdgas)

**Vorteile:**

- CO<sub>2</sub>-neutral
- Ermöglicht dezentrale Versorgung

**Nachteile:**

- Hoher Investitionsaufwand
- Evtl. Geruchsprobleme
- Kann ökologische Probleme durch den Anbau von „Energiepflanzen“ hervorrufen

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 2.2 Geothermie

Vorteil der geothermischen Nutzung ist die vorhandene Erdreich- und Grundwassertemperatur zwischen 8 und 12 °C.<sup>42</sup> Diese kann über Wärmetauscher zum Kühlen des Gebäudes herangezogen werden, falls die Gebäudehülle und das Raumklimasystem darauf ausgelegt sind. Zum Heizen wird eine Wärmepumpe dazwischen geschaltet, um die Temperatur auf ein höheres Niveau anzuheben. Je höher das Temperaturniveau der Wärmequelle, desto effizienter kann die Wärmepumpe arbeiten.

In diesem Bericht werden die folgenden Systeme zur Erschließung der Wärme und Speichermasse des Erdreichs betrachtet:

- Grundwassernutzung (Grundwasserbrunnen),
- Erdwärmesonden,
- Bodenplatte mit eingelegten Wärmetauscherrohren (Fundamentabsorber),
- Energiepfähle (thermisch aktivierte Bohrpfähle).

|   | Grundwassernutzung           | Erdwärmesonde | Fundamentabsorber und Energiepfähle |
|---|------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Verfügbarkeit                                     | nach örtlicher Verfügbarkeit | häufig        | Im Neubau                           |
| Platzbedarf                                       | gering                       | gering        | gering                              |
| Durchschnittstemp. im Winter                      | 8 bis 12 °C                  | 0 bis 10 °C   | -3 bis +5 °C                        |
| Wasserrechtlich genehmigungspflichtig             | immer                        | fast immer    | nein                                |
| Typische Jahresarbeitszahl $\beta$ der Wärmepumpe | 4,5                          | 4,5           | -                                   |

Tabelle 1: Vergleich unterschiedlicher Geothermie-Systeme<sup>43</sup>

Momentan spielt die Geothermie aufgrund des geringen Wärmestroms (ca. 0,06 W/m<sup>2</sup>) und der geringen Temperaturzunahme in die Tiefe (ca. 3 °C/100m) als ressourcenschonende Energiequelle noch eine untergeordnete Rolle. Aufgrund des zunehmenden allgemeinen Bewusstseins bezüglich der CO<sub>2</sub>-Problematik und der absehbaren Verknappung fossiler Energieträger ist allerdings davon auszugehen, dass durch weitere geologische Erkundung, technologische Weiterentwicklung und Unterstützung durch öffentliche Förderung wie dem EEG auch die Geothermie an Bedeutung zunehmen wird.<sup>44</sup>

### 2.2.1 Grundwasserbrunnen

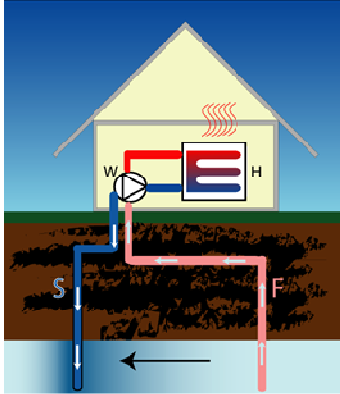


Abbildung 26: Schematische Darstellung eines Grundwasserbrunnens mit (F)örder- und (S)chluckbrunnen (www.strom-und-waerme.de)

Grundwasser ist als Wärmequelle besonders geeignet, da es ganzjährig eine konstante Temperatur von ca. 8-12 °C besitzt. Liegen günstige Grundwasserverhältnisse vor, kann ein Grundwasserbrunnen zur Gewinnung von Erdwärme verwendet werden. Hierbei wird das Grundwasser über einen Förderbrunnen erschlossen. Das Wasser wird direkt über eine Wärmepumpe geleitet und in einem Schluckbrunnen dem Grundwasservorkommen wieder zugeführt. In der Regel sind daher bei Grundwasser-Wärmepumpen-Anlage zwei Brunnen notwendig. Um einen „Temperaturkurzschluss“ und eine damit verbundene Abnahme der Wärmeentzugsleistung zu verhindern, müssen Förder- und Schluckbrunnen in ausreichendem Abstand zueinander in Grundwasserfließrichtung liegen.

Bei einer Grundwasser-Wärmepumpen-Anlage entstehen nur geringe Wärmetauscherverluste, da das Grundwasser direkt als Wärmeträgermedium genutzt wird. Diese Voraussetzungen ermöglichen hohe Jahresarbeitszahlen der Grundwasser-Wärmepumpe und einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber Erdwärmesonden oder Erdwärmekollektoren. Wenn oberflächennah geeignete Grundwasserverhältnisse vorliegen empfiehlt es sich deshalb die Wärmeengewinnung mittels einer Grundwasser-Wärmepumpe zu nutzen.

Beim Einsatz dieses Systems ist eine wasserrechtliche Genehmigung erforderlich. Hinzu kommt, dass das Grundwasser gereinigt und gefiltert werden muss, bevor es wieder zurückgeführt wird, wenn es mit Schadstoffen kontaminiert ist. Diese Maßnahmen können äußerst aufwendig werden und verringern möglicherweise die Wirtschaftlichkeit.<sup>45</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale:

- [www.erdwaerme-zeitung.de](http://www.erdwaerme-zeitung.de)
- [www.energieportal24.de](http://www.energieportal24.de)



**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

**Vorteile:**

- „Kostenlose“ Energiequelle und -speicher
- CO<sub>2</sub>-neutral
- Durchschnittstemperatur konstant
- Guter Wirkungsgrad
- Auch zum Kühlen geeignet

**Nachteile:**

- Abhängig von den Grundwassergegebenheiten
- Gefahr der Grundwasserverunreinigung
- Offenes System (Pumpenergie)
- Nicht überall verfügbar

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten
- Örtliche Gegebenheiten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 2.2.2 Erdwärmesonde

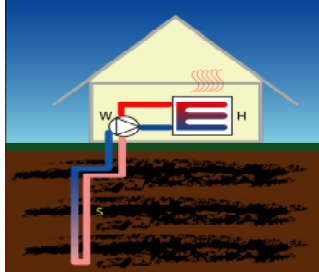


Abbildung 27: Schematische Darstellung einer Erdwärmesonde (www.strom-und-waerme.de)

Bei einer Erdsondenanlage wird ein Wärmeübertragungssystem durch Tiefenbohrungen 30 bis 300 m tief ins Erdreich eingebracht. Als Wärmeüberträger dienen zwei U-Rohre pro Bohrloch. Sollte eine der beiden Leitungen nachträglich beschädigt werden, kann diese außer Betrieb genommen werden. Mit der zweiten Leitung kann noch ca. 60 bis 70% der ursprünglichen Leistung der Sonde bereitgestellt werden.<sup>46</sup>

Ein zentraler Bestandteil der Qualitätssicherung ist der Hinterfüllvorgang, welcher den nachhaltigen und umweltfreundlichen Betrieb von Erdwärmesonden garantieren soll. Für eine dauerhafte Systemsicherheit von Erdwärmesondenanlagen spielt der sachgemäße Hinterfüllvorgang bei Erdwärmesonden eine wesentliche Rolle. Deshalb werden auch in der VDI 4640 Blatt 2 (2001) die Anforderungen an das Hinterfüllmaterial ausführlich beschrieben, wonach die Hinterfüllung nach Aushärtung eine dichte und dauerhafte, physikalisch und chemisch stabile Einbindung der Erdwärmesonde in das umgebende Gestein gewährleisten muss.<sup>47</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Spezifische Entzugsleistungen für Erdwärmesonden:

| Untergrund                     | Spezifische Entzugsleistung |
|--------------------------------|-----------------------------|
| trockener, sandiger Boden      | 20 W/m                      |
| feuchter, sandiger Boden       | 40 W/m                      |
| feuchter, felsiger Boden       | 60 W/m                      |
| Grundwasserführende Erdschicht | 80 bis 100 W/m              |

Tabelle 2: Spezifische Entzugsleistungen für Erdwärmesonden<sup>48</sup>

Online Informationsportale:

- [www.erdwaerme-zeitung.de](http://www.erdwaerme-zeitung.de)
- [www.energieportal24.de](http://www.energieportal24.de)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

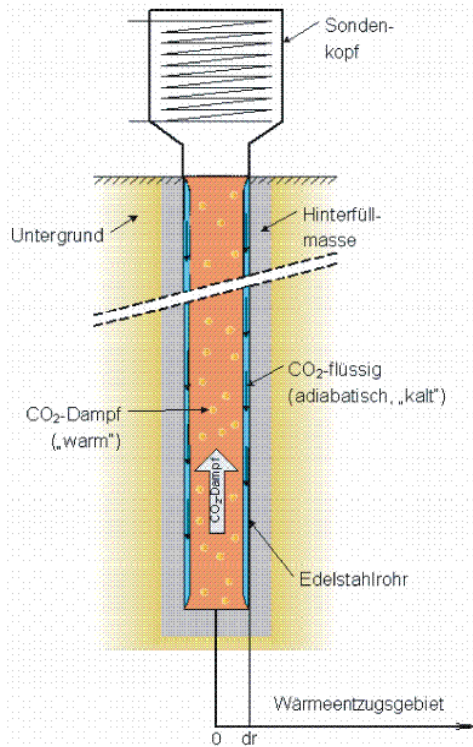
#### Vorteile:

- „Kostenlose“ Energiequelle und -speicher



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CO<sub>2</sub>-neutral</li> <li>▪ Hoher Wirkungsgrad</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hohe Anfangsinvestitionen</li> <li>▪ Ggf. Gefahr durch Erdhebungen bzw. -senkungen</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionskosten</li> <li>▪ Örtliche Gegebenheiten</li> </ul>                      |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 2.2.3 Erdwärmesonde mit CO<sub>2</sub> als Wärmeträger



Die CO<sub>2</sub>-Erdwärmesonde besteht aus einem mit flüssigem und gasförmigen CO<sub>2</sub> gefüllten flexiblen druckfesten Edelstahlrohr. Im Erdreich eingebracht, rinnt zuerst das flüssige CO<sub>2</sub> an den Innenwänden der Sonde in die Tiefe und verdampft durch die Aufnahme der Erdwärme. Im Anschluss daran steigt es als leichteres Gas in der Rohrmitte wieder auf. Die Erdwärme in CO<sub>2</sub>-Gasform wird in einem Wärmeüberträger an das Arbeitsmittel der Wärmepumpe abgegeben. Hierbei wird das abgekühlte Gas wieder flüssig und gelangt zurück zu den CO<sub>2</sub>-Wärmesonden. Bei diesem Verfahren wird keine Umwälzpumpe benötigt, da das CO<sub>2</sub> innerhalb der Sonde selbstständig zirkuliert. Außerdem wird eine höhere Anlagen-Leistungszahl erreicht woraus sich niedrigere Betriebskosten ergeben. Grund für die höhere Anlagen-Leistungszahl ist die bessere Wärmeübertrag und die kleinere Temperaturdifferenz zwischen dem CO<sub>2</sub> und dem Arbeitsmittel der Wärmepumpe.<sup>49,50</sup>

Abbildung 28: Prinzipskizze einer CO<sub>2</sub>-Erdwärmesonde (www.agk.uni-karlsruhe.de)

#### Weiterführende Informationen:

- Die CO<sub>2</sub>-Erdwärmesonde wird vor allem eingesetzt, wenn z. B. bei einem Bauvorhaben in einem Wasserschutzgebiet die genehmigungspflichtigen Bohrungen mit Sole-Sonden nicht genehmigt werden. Der Grund dafür ist, dass das Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) weder dem Grundwasser noch dem Mineralwasser schaden kann.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

##### Vorteile:

- „Kostenlose“ Energiequelle und -speicher
- CO<sub>2</sub>-neutral
- Hoher Wirkungsgrad

##### Nachteile:

- Hohe Anfangsinvestitionen
- Ggf. Gefahr durch Erdhebungen bzw. -senkungen



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionskosten</li> <li>▪ Örtliche Gegebenheiten</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 2.2.4 Fundamentabsorber

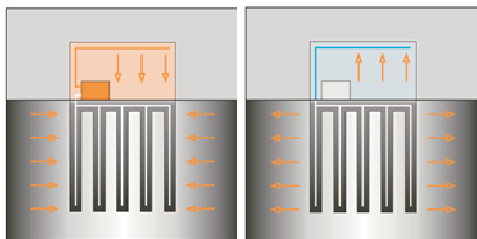


Abbildung 29: Schematische Darstellung eines Fundamentabsorbers in Kombination mit Energiepfählen (www.igs.bau.tu-bs.de)

Die Aktivierung der Bodenplatte ist aufgrund der geringen Kontaktfläche und der niedrigen Wärmeübertragungsleistung nur begrenzt nutzbar. Liegt die Bodenplatte im Grundwasser, wird die Wärmeübertragungsleistung erhöht. Der Einsatz ist dann sinnvoll, wenn das Verhältnis von Grundfläche zu Geschossfläche eines Gebäudes groß ist.

Prinzipiell können alle erdanliegenden Betonbauteile als Energieabsorber verwendet werden, damit auch Flachfundierungen. Besonders eignen sich Tieffundierungen wie Pfähle oder Schlitzwände, da hiermit tiefer liegende Bereiche des Untergrundes erschlossen werden, welche nicht mehr unter dem Einfluss der saisonalen Temperaturschwankungen an der Oberfläche stehen (siehe Energiepfähle).

#### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale:

- [www.enob.info](http://www.enob.info)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

**Vorteile:**



|   |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ „Kostenlose“ Energiequelle und -speicher</li> <li>▪ CO<sub>2</sub>-neutral</li> </ul>      |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Niedrige Wirksamkeit durch geringe Kontaktfläche</li> </ul>              |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionskosten</li> <li>▪ Örtliche Gegebenheiten</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>   | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>  | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>   | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>   | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 2.2.5 Energiepfähle

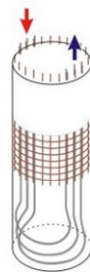


Abbildung 30: Energiepfahl  
 (www.katzenbach-  
 ingenieure.de)

Grundsätzlich kommen für thermisch aktivierte Tieffundierung Ortbetonbohrpfähle und Rammpfähle aus Stahlbeton (Voll- und Hohlquerschnitt) in Frage. Wärmetauscherrohre werden vor Ort bzw. im Werk an der Bewehrung montiert. Diese Rohre haben im Allgemeinen einen Durchmesser von 20 mm bis 25 mm und bestehen aus PE, HDPE oder PE-Xa. Beim Betoniervorgang werden die Schläuche unter Druck gesetzt. Im Anschluss erfolgt eine Dichtheitsprüfung der Rohrleitungen mit einem definierten Druck von 8 bis 10 bar. Mittels einer Schweißverbindung bzw. Patentkupplung kann die Verbindung von Teilelementen der Rohrleitungen in wenigen Minuten hergestellt werden, wenn eine entsprechend große Pfahlänge dies verlangt. Im Bereich des Pfahlkopfes ist eine Aussparung angebracht, in der sich die Vor- und Rücklaufleitungen befinden. Die Pfähle können mit einem oder mehreren Kreisläufen ausgestattet werden.<sup>51</sup>

### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale:

- [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)
- [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de)

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

#### Vorteile:

- „Kostenlose“ Energiequelle und -speicher, CO<sub>2</sub>-neutral
- Thermische Nutzung vorhandener Tiefgründung (→ Herstellungs- und Installationskosten ca. 40-50% geringer als bei Erdsonden)
- Unabhängig von saisonalen Temperaturschwankungen im Boden
- Geringe Mehrkosten bei Neubauten

#### Nachteile:

- Eine Nachrüstung bereits vorhandener Betonfläche ist nicht möglich

#### Anwendungsbarriere:

- Ggf. Investitionskosten

#### Relative Einschätzung:

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |               |                |              |               |
|-----------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch     | eher hoch      | eher niedrig | keine         |
|                       |               |                |              |               |
| <b>Marktreife</b>     | Forschung     | Pilotumsetzung | Kleinserien  | Massenprodukt |
|                       |               |                |              |               |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht | eher schlecht  | eher gut     | sehr gut      |
|                       |               |                |              |               |

### 2.3 Solare Energiegewinnung (Solarthermie)

Unter Solarthermie versteht man die Umwandlung der Sonnenenergie in nutzbare Wärmeenergie. Die Nutzung der einfallenden Sonnenenergie in Form von elektromagnetischen Wellen geschieht gezielt über Sonnenkollektoren. Die wesentliche Funktionsweise basiert auf der Übertragung der einstrahlenden Sonnenenergie auf ein Wärme übertragendes Medium. Somit wird die Photonenenergie in Wärmeenergie umgewandelt.

Thermische Solarkollektoren bestehen im Wesentlichen aus einem Absorber und einem wärmeisolierten Gehäuse, das auf der Vorderseite transparent ausgeführt ist. Durch den Einsatz von hocheffizienten Materialien wie einer Vakuumdämmung, einer Gasfüllung oder selektiven Absorbern können die Kollektoren an die unterschiedlichsten Anforderungen angepasst werden. Für den Gewerbe- und Wohnungsbau ist vor allem der Mitteltemperaturbereich (50 bis 100 °C) für die Trinkwassererwärmung, Raumheizung und solare Kühlung relevant. Um höhere Temperaturen (> 300 °C) zu erreichen, wie sie zur Nutzung der Solarenergie als Prozesswärmequelle notwendig sind, ist es möglich, einfallende Lichtstrahlen durch Brenn- bzw. Hohlspiegel zu fokussieren, wodurch eine größere Lichtintensität erzielt werden kann. Im Folgenden wird unterschieden zwischen

- Vakuump-Röhrenkollektoren,
- Parabolrinnenkollektoren (Solare Prozesswärme) sowie
- Fresnel-Kollektoranlagen (Solare Prozesswärme).

### 2.3.1 Vakuum-Röhrenkollektoren



Abbildung 31: Vakuum-Röhrenkollektor  
(www.dbu.de)

Bei dieser Bauart ist der Absorber zur Verringerung der Wärmeverluste in eine evakuierte Glasröhre eingebaut. Durch die hohe Druckfestigkeit der Röhrenform werden die durch den Unterdruck entstehenden Kräfte gut aufgenommen. Die Wärmeverluste solcher Systeme an die Umgebungsluft werden durch das Vakuum fast vollständig reduziert. Sonderformen sind der Heat-Pipe-Vakuumröhrenkollektor, der CPC-Kollektor (Vakuumröhrenkollektor mit einem Spiegel auf der Rückseite) und der Vakuum-Flachkollektor. Bei Vakuum-Röhrenkollektoren werden im Vergleich zu Flachkollektoren höhere Temperaturen des Trägermediums erreicht. Der durchschnittliche Jahresnutzungsgrad einer Komplettanlage liegt bei etwa 40-45 %.<sup>52</sup>

#### Wirkungsweise des Heat-Pipe-Vakuumröhrenkollektors:

Über die namensgebende „Heat-Pipe“ wird die vom Absorber aufgenommene Solarwärme an ein mit Alkoholdampf gefülltes Wärmerohr übergeben. Die aufgenommene Wärme wird bei der Kondensation des Alkoholdampfes am oberen Ende des Wärmerohres an die Solarflüssigkeit (Gemisch aus Wasser und Frostschutzmittel) übertragen und abgeführt.<sup>53</sup>

Die Vakuumröhrenkollektoren mit einer trockenen Heat-Pipe-Anbindung können zur Trinkwasserwassererwärmung, Heizungsunterstützung und zur Erzeugung von Prozesswärme eingesetzt werden. Die Kollektoren können in einer Achsneigung von 15 - 75° am Gebäude (Schräg- oder Flachdach, Fassaden sowie freistehend) integriert werden. Die Röhrenkollektoren sind nach DIN EN 12975 geprüft und nach dem „SolarKeymark“ zertifiziert, dem europaweit gültigen Label für Sonnenkollektoren.<sup>54</sup>

#### Wirkungsweise des Vakuum-Flachkollektors:

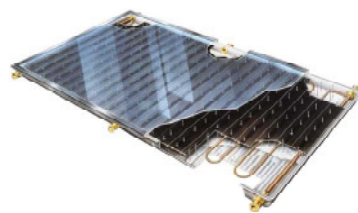


Abbildung 32: Vakuum-Flachkollektor  
(www.impulsprogramm.de)

Der Vakuum-Flachkollektor soll die Vorteile des Flach- mit den Vorzügen des Vakuumkollektors verbinden. Der Unterdruck und damit die Dämmwirkung sind jedoch vergleichsweise geringer als beim Vakuum-Röhrenkollektor. Um ein Durchbiegen der Glasscheibe zu verhindern, wird sie mit einer großen Anzahl dünner Stifte nach innen abgestützt. Das Vakuum muss

regelmäßig überprüft und nachevakuiert werden (Ist die Vakuumpumpe nicht mit installiert, sollte mit dem Lieferanten ein Wartungsvertrag abgeschlossen werden). Vakuum-Flachkollektoren bieten vielseitige Montagemöglichkeit, haben geringeren Platzbedarf als normale Flachkollektoren und besitzen eine hohe Lebenserwartung.

#### Weiterführende Informationen:

Die Kosten von Vakuum-Röhrenkollektoren liegen bei 400 bis 1.200 €/m<sup>2</sup> Kollektorfläche.<sup>55</sup>

Online Informationsportale:

- [www.solarthermietechologie.de](http://www.solarthermietechologie.de)

- www.solarserver.de
- www.thermosolar.com
- www.energieportal24.de

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Erdgas)

**Vorteile**

- Nutzung regenerativer Energien (CO<sub>2</sub>-neutral)
- Geringere Lebenszykluskosten

**Vorteile gegenüber herkömmlichen Solar-Kollektoren:**

- Geringe Wärmeverluste durch Vakuumisolierung (→ höherer Wirkungsgrad als Flachkollektoren)
- Nutzung direkter sowie auch diffuser Sonneneinstrahlung (→ Eignung auch in kühleren Gebieten oder bei nicht optimaler Ausrichtung)

**Nachteile:**

- Hohe spezifische Investitionskosten pro Einheit erzeugter Wärme

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**2.3.2 Parabolrinnenkollektor (solare Prozesswärme)**

Um die Sonnenstrahlung auf einen Punkt zu konzentrieren und damit um ein Vielfaches zu verstärken werden bei einem Parabolrinnenkollektor Hohlspiegel genutzt. Hierfür sind insbesondere Spiegel mit parabelförmigem Querschnitt geeignet, weil diese auch die Randstrahlung auf die Mitte fokussieren können. Dies ermöglicht eine vierzigfache Konzentration der Sonnenstrahlung, welche auf ein Absorberrohr mit wärmeleitender Flüssigkeit gelenkt wird. Zur Erhöhung der Leistung werden Parabolrinnen in Nord-Süd-Richtung angeordnet. Durch eine verstellbare Längsachse können sie im Tagesverlauf der



Abbildung 33: Parabolrinnenkollektor  
(www.energytech.at)

Sonne von Ost nach West nachgeführt werden. Die Wärmeleitflüssigkeit wird in ihrem zirkulierenden System bis auf 400 °C erhitzt und produziert über Turbine und Generator Strom.

Eine Unterbrechung der Stromproduktion kann durch die Zwischenschaltung von Wärmespeichern vermieden werden, sollte die Sonnenscheindauer unterbrochen werden.

#### Weiterführende Informationen:

Anwendungsbeispiele: Die SEGS-Kraftwerke (Solar Electricity Generation System) in Südkalifornien produzieren eine Leistung von insgesamt 354 MW. Ein weiteres Kraftwerk mit einer Leistung von 64 MW ging im Juni 2007 ans Netz. Es heißt Nevada Solar One und wurde in Boulder City/Nevada errichtet. Die deutsche Schott AG, die auch bereits an den kalifornischen Kraftwerken beteiligt war, lieferte hierfür die Absorberröhren. Der Wirkungsgrad dieses Kraftwerktyps wird mit 14 % angegeben. In Andalusien werden seit Juni 2006 mit Andasol 1, welches sich seit Ende 2008 im Testbetrieb befindet, und Andasol 2 die zurzeit größten Solarkraftwerke Europas gebaut. Die Vorarbeiten zu Andasol 3 haben bereits begonnen. Die drei solarthermischen Kraftwerke werden insgesamt eine Leistung von 150 MW haben. An diesen Solarkraftwerken ist die deutsche Firma Solar Millennium mit Projektierung, Engineering und Steuerung wesentlich beteiligt.<sup>56</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))

##### Vorteile:

- Nutzung regenerativer Energien (CO<sub>2</sub>-neutral)
- Geringere Lebenszykluskosten
- Auch zum „solaren Kühlen“ geeignet

##### Vorteile gegenüber herkömmlichen Solar-Kollektoren:

- Hoher Wirkungsgrad durch hohe Temperaturen

##### Nachteile gegenüber herkömmlichen Solar-Kollektoren:

- Niedriger Wirkungsgrad bei niedrigen Temperaturen
- Aufwand der Nachführung der Reflektoren nach Sonnenstand
- Großer Platzbedarf
- Optisch sehr auffällig

##### Anwendungsbarriere:

- Ungenügender Reifegrad



**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**2.3.3 Fresnel-Kollektoranlage (solare Prozesswärme)**



Abbildung 34: Fresnel-Prozesswärmekollektor auf dem Dach der Universität Sevilla (PSE AG)

Der Fresnel-Spiegel-Kollektor ist eine Weiterentwicklung des Parabolrinnenkollektors. Über mehrere zur ebenen Erde angeordnete parallele, ungewölbte Spiegelstreifen wird das Sonnenlicht nach dem Prinzip einer Fresnel-Linse auf ein Absorberrohr gebündelt. Die Streifen werden einachsigt nachgeführt. Die Strahlung wird durch einen zusätzlichen Sekundärspiegel hinter dem Rohr auf die Brennlinie gelenkt.<sup>57</sup>

Diese Bauweise verbindet die Funktionsprinzipien von Parabolrinnenkollektoren und Turmkraftwerken miteinander. Es wird sowohl auf gewölbte Spiegel als auch auf mehrachsige Sonnenstandsnachführungen verzichtet. Der modulare Aufbau bleibt erhalten. Kostenvorteile werden von der Verwendung der einfacher herzustellenden ungewölbten Spiegelstreifen erwartet. Im Gegensatz zu den meisten Parabolrinnenkonstruktionen wird das Absorberrohr nicht bewegt, wodurch sehr lange Kollektoren gebaut werden können, die durch fehlende Rohrbögen und flexible Verbindungen geringe Strömungswiderstände für das Wärmeträgermedium aufweisen. Dem stehen Verschattungsverluste zwischen den Spiegelstreifen gegenüber.<sup>58</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Beispielhafte Anwendungen:

Eine Fresnel-Kollektoranlage unterstützt seit 2004 die Dampferzeugung in einem australischen Kohlekraftwerk. Die Technologie wird dort von der Universität von New South Wales und Sydney erprobt.

Des Weiteren wird im Hunter Valley in Australien ein Solarkraftwerk auf Basis dieser Technologie realisiert. Nach ihrer vollständigen Fertigstellung soll die Anlage rund 15 MWh (Strom) erzeugen und so zur Brennstoffeinsparung beitragen. Es handelt sich dabei um ein rund 60 x 30 m großes Feld aus ebenen Spiegeln. Das Sonnenlicht wird hier auf etwa 10 m hohe Linien über dem Kollektorfeld konzentrieren, wo mit Direktampferzeugung etwa 285 °C heißer Wasserdampf erzeugt wird.<sup>59</sup>



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Bewertung</b> (Referenzprodukt/-technologie: Gas für Wärme, Kompressionskälte für Kühlung (Netzstrom))  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Vorteile:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nutzung regenerativer Energien (CO<sub>2</sub>-neutral)</li> <li>▪ Geringere Lebenszykluskosten</li> <li>▪ Auch zum „solaren Kühlen“ geeignet</li> </ul>                            |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Vorteile gegenüber herkömmlichen Solar-Kollektoren:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hoher Wirkungsgrad durch hohe Temperaturen</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Vorteile gegenüber Parabolrinnenkollektor:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es können sehr lange Kollektoren gebaut werden, die durch fehlende Rohrbögen und flexible Verbindungen geringe Strömungswiderstände für das Wärmeträgermedium aufweisen.</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile gegenüber herkömmlichen Solar-Kollektoren:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verschattungsverluste zwischen den Spiegelstreifen</li> <li>▪ Hoher Flächenbedarf</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ungenügender Reifegrad</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 2.4 Solare Energiegewinnung (Photovoltaik)

Die Informationen zu diesem Abschnitt sind im „Themenfeld 1: Wärme-, Kälte-, Strom-Bereitstellung“ im Kapitel 1.3 erfasst.

### 3 Themenfeld 3: Energiespeicherung, -verteilung und -übergabe

Das Themenfeld der Energiespeicherung, -verteilung und -übergabe umspannt verschiedenen Arten thermischer Speicher (Kälte/Wärme) zur Nutzung von Temperaturdifferenzen, Heizungs- und Heizkörpersysteme zur Übergabe von thermischer Energie im Gebäude sowie verschiedenen Pumpensystemen zur Verteilung von Energieträgern im Gebäude.

Energiesysteme für Gebäude werden zunehmend als integriertes System angesehen, welches als Gesamtheit optimiert werden kann. Eine besondere Rolle spielt in diesem Rahmen der Trend zu einer Reduktion von Heiztemperaturen sowie die kombinierte Nutzung von Systemen zur Erwärmung und Kühlung des Nutzbereiches unter Berücksichtigung von direkten Umgebungsvariablen des Gebäudes (klimatische Bedingungen, geographische Orientierung, Einbindung in Gebäudeverbände, etc.)

#### 3.1 Kältespeicher

Eisspeicheranlagen funktionieren über die latente Wärmeabsorption und -Speicherung, die entsteht, wenn Wasser vom flüssigen in den gefrorenen Status übergeht. Meist werden dazu Absorptionswärmepumpen mit Eisspeichern kombiniert.

Die Vorteile von Eisspeicheranlage gegenüber konventionellen Klimaanlage liegen in der geringeren Lärmbelastung und einer möglichen Reduzierung des Energieverbrauchs bzw. einer Reduzierung der Energiekosten. Letzterer kann vor allem durch die Verlagerung auf kostengünstige Energiebezugszeiten (Nachtstrom) erreicht werden. Durch die Vermeidung von Spitzenbelastungen von Klimaanlage kann außerdem der Energieverbrauch reduziert werden. Ein Vorreiter in der Nutzung von Eisspeichern ist Japan, wo insbesondere der hohe Stromverbrauch im Sommer aufgrund der Nutzung von Klimaanlage durch die Verlagerung auf Eisspeichersysteme erheblich reduziert werden konnte.

Eisspeicher können über Absorptionskältemaschinen mit thermischen Solaranlagen oder Blockheizkraftwerken kombiniert werden. Dies stellt eine gute Ergänzung zur Wärmeerzeugung im Winter oder in wärmeren Ländern im Ganzjahresbetrieb dar. Obwohl Absorptionskältemaschinen hohe Zusatzausgaben verlangen (im Gegensatz zu einer mit Strom betriebenen Kompressionskältemaschine) und auf Grund der höheren Bauvolumina, die anlagentechnisch schwieriger zu integrieren sind, hat die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) ihre Vorteile. Im Sommer können KWKK nicht nur für die Warmwasser-Bereitstellung genutzt werden; der Verdampfer der Absorptionskältemaschine kann auch als Wärmesenke dienen. Dadurch kann die Zahl der jährlichen Betriebsstunden entsprechender Anlagen deutlich gesteigert und deren Wirtschaftlichkeit verbessert werden.

Nachteile von KWKK-Anlagen sind die hohen Installations- und Betriebskosten. Deshalb werden sie momentan vor allem in Gebäuden mit hohem Energieverbrauch eingesetzt, wie Rechenzentren oder kleinen Nahwärmenetzen.

### 3.1.1 Eisspeicher



Abbildung 35: Eisspeicheraufstellung, vergraben (www.calmac.at)

Eisspeicher funktionieren auf Basis der Latentwärmespeicherung. Sie helfen, Schwankungen in der Kühllast bzw. dem Kühlbedarf auszugleichen.

Eisspeicher sind wasserdichte wärmegeämmte Behälter, die über eine große Übertragungsfläche verfügen. Das Wasser in diesen Behältern wird zu Eis gefroren und so als latente Kälteenergie gespeichert. Je nach Hersteller und System werden dazu verschiedene Energieträger verwendet (wie z. B. Glykolssole). In der Aufladephase des Eisspeichers gefriert das Wasser; in der Phase der Entladung wird diese Energie über Wärmetauscher (z. B. Polypropylen) dann wieder an die Umgebung abgegeben.

Statische Eisspeicher können auf Haus- oder Garagendächern installiert oder unterirdisch vergraben werden.

#### Weiterführende Informationen:

Eisspeicher werden heutzutage unter anderem in Büro- und Verwaltungskomplexen, Einkaufszentren und Krankenhäusern eingesetzt, also in Gebäudearten, in denen kein gleichmäßiger Kühlbedarf besteht. Kühlanlagen mit Eisspeichern sind nicht auf Spitzenlasten ausgelegt. Sie geben ihre Kühlenergie gleichmäßig ab, ohne zusätzliche Energie zu verbrauchen. Sie werden dort empfohlen, wo sie mit dem günstigen Nachtstrom aufgeladen werden können, um ihre Kälteenergie dann tagsüber bei Bedarf ins Kühlsystem zu leiten.

Wärmepumpen werden mit Wasser-Eisspeichern ausgestattet, um die regenerative Energie der Wärmequelle zwischenspeichern zu können.

Hersteller von Eisspeichern sind beispielsweise die Unternehmen Buco Wärmeaustauscher International GmbH<sup>60</sup> und Fafco S.A.<sup>61</sup>.

Die größte Eisspeicheranlage in Deutschland wurde für die neuen Münchner Messehallen auf dem Gelände des ehemaligen Flughafen Riem aufgestellt. Die totale Speicherkapazität dieser Anlage beträgt 101.000 kWh. Das nachts zum Niedrigstromtarif produzierte Eis deckt zu 100 % die tagsüber benötigte Kühlenergie für die Klimatisierung von zehn der zwölf Messehallen ab.<sup>62</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Kompressions-Kältemaschine)

**Vorteile:**

- Wirtschaftlichkeit (geringere Dimensionierung der Kälteanlage durch Vermeidung von Leistungsspitzen, schonenden Dauerbetrieb)
- Ressourcenschonung
- Umweltfreundlichkeit (durch die reduzierte Menge an Kältemitteln)
- Hohe Effizienz

**Nachteile:**

- Platzbedarf
- Höhere Investitionskosten als Klimaanlage ohne Eisspeicher

**Anwendungsbarriere:**

- Installationsaufwand
- In Europa wenig verbreitete Technologie
- Abhängigkeit der Betriebskosten von der Gebäudeart ab (Kosten-Unsicherheit)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 3.1.2 Großkältespeicher

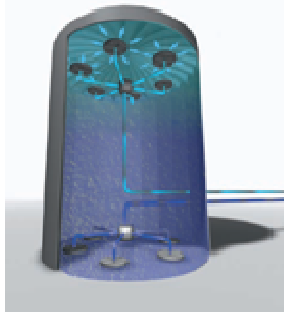


Abbildung 36: Funktionsschema eines Kältespeichers (www.swc.de)

Bei einem Großkältespeicher handelt es sich um eine Fernkälteanlage, die wie eine Thermoskanne funktioniert. Großkältespeicher ermöglichen selbst in Spitzenbedarfsphasen eine gleichmäßige Abgabe der Kälteenergie.

Bei einer Nutzung von Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (siehe oben) wird die überschüssige Wärmeenergie aus einem Kraftwerk genutzt, um das Kältespeichermedium (Wasser) zu kühlen. Das auf ca. 5°C gekühlte Wasser wird zu Übergabestationen transportiert und nimmt dort die Wärme aus dem Gebäude auf. Das auf ca. 13°C erwärmte Wasser fließt dann in einer zweiten Rohleitung zum Kältespeicher zurück.

Außer der Umweltfreundlichkeit von Großkältespeichern (Einsparung von ca. 15% Kohlendioxid ausstoß pro Jahr) ist auch die Energieeffizienz der Anlagen ein wichtiges Plus. Durch KWKK kann der Wirkungsgrad eines Kraftwerkes bei kontinuierlicher Kälteversorgung auf 70,5 % gesteigert werden (Ausnutzung von 70 % der eingesetzten Brennstoffe)<sup>63</sup>.

Funktionsprinzip: Das gekühlte Wasser fließt durch die untere Leitung in der Abbildung aus dem Kältespeicher heraus. Die obere Leitung bringt das aufgewärmte Wasser zurück (siehe Abbildung).

#### Weiterführende Informationen:

Die Stadtwerke Chemnitz haben 2007 die größte Kältespeicheranlage Deutschlands in Betrieb genommen. Sie ist zugleich der erste oberirdische Kurzzeit-Großkältespeicher Europas. Ein großes Langzeit-Kälte depot befindet sich beispielsweise unter dem Reichstag in Berlin.<sup>64</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Kompressions-Kältemaschine)

##### Vorteile:

- Umweltfreundlichkeit
- Wirtschaftlicher Betrieb (durch reduzierten Ausstoß von Kohlenstoffdioxid und gesunkenen Wasserverbrauch)
- Platzsparung in den Abnehmergebäuden. Durch den Bezug der Fernkälte erübrigen sich dezentrale Kühlanlagen und damit verbundener Betriebs- und Wartungsaufwand.

##### Nachteile:

- Platzbedarf (Großkältespeicher sollten möglichst in der Nähe eines Kraftwerks stehen)
- Hohe Installationskosten

##### Anwendungsbarriere:

- Ungenügender Reifegrad (das System wird noch erforscht)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 3.2 Energiespeicherung und -übergabe

Energie kann generell auf zwei Arten in einem Material gespeichert werden: latent (versteckt) oder sensibel (fühlbar). Gegenüber herkömmlichen sensiblen Speichermedien wie z. B. massiven Betonbauteilen können Latentwärmespeicher thermische Energie verlustarm und über lange Zeit speichern. Als Latentwärmespeicher werden so genannte Phasenwechsel-/ Phasenübergangsmaterialien (PCM) eingesetzt. PCM haben eine wesentlich höhere latente Schmelz-, Lösungs- bzw. Absorptionswärme als vergleichbare Stoffe ohne Phasenumwandlung.

Latentwärmespeicher nutzen den Phasenübergang des Speichermediums, z. B. von fest zu flüssig. Beim Erreichen der Temperatur des Phasenübergangs beginnt das Material zu schmelzen, eine Temperaturerhöhung tritt jedoch erst ein, nachdem das Material komplett geschmolzen ist. Bei der Umkehrung dieses Vorgangs, beim Abkühlen, erstarrt das Material und die vorher eingespeicherte Wärme wird auf dem Temperaturniveau des Phasenübergangs abgegeben.

### 3.2.1 Bauteilaktivierung



Abbildung 37: Betonkernaktivierung in der Geschosdecke eines Bürogebäudes ([www.hannover.ihk.de](http://www.hannover.ihk.de))

Neben der konditionierten Zuluft (Klimatisierung) hat sich die Bauteilaktivierung als ein System durchgesetzt, das die Speicherfähigkeit von Betondecken und -wänden erhöht. Dabei werden Rohre (meist nahtlose Kunststoffrohre) in die Massivbauteile eingelegt. Üblicherweise werden hierzu werkseitig vorgefertigte Matten, die auf das Achsraster abgestimmt sind, verwendet. Durch die Rohre fließt Wasser oder Luft als Heiz- bzw. Kühlmedium.

Die thermische Betonkernaktivierung kann für eine Absenkung der Lastspitzen sorgen und ist dadurch besonders geeignet für Bürogebäude.

Beispielsweise kann im Sommer zur natürlichen Kühlung die Nachtlüftung genutzt werden; tagsüber nehmen die abgekühlten Wände dann die Wärmelast auf, wodurch die maximale Tagestemperatur gesenkt oder zu einem späteren Zeitpunkt erreicht wird.

Dank der niedrigen Vorlauf- und Oberflächentemperatur wird der Einsatz von thermischer Betonkernaktivierung zum Heizen in Verbindung mit Wärmepumpen und Wärmequellen (z. B. Grundwasser) empfohlen. Umweltenergien wie freie Rückkühlung, Sohlplattenkühlung oder Grundwasserkühlung eignen sich zum Kühlen.

#### Weiterführende Informationen:

Aufgrund der Kühl und Heizmöglichkeiten kann die Betonkernaktivierung zu erheblichen Senkung der Betriebskosten führen. Ein Beispiel ist das System Contec, welches von der Firma Uponor angeboten wird.<sup>65</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: für Wärme: Heizkörper, zur Kühlung: Split-Gerät)

##### Vorteile:

- Niedriges Temperaturniveau und somit niedrige Oberflächentemperatur
- Hohe gefühlte Behaglichkeit in den Räumen

##### Nachteile:

- Exakte Temperatur kann nicht garantiert werden; Beeinflussung durch ein zusätzliches System ist evtl. nötig (z. B. Fensterlüftung)
- Systemträgheit und begrenzte Flexibilität (auch begrenzte Kühl- und Heizleistung)
- Muss bei der bauphysikalischen Planung berücksichtigt werden

##### Anwendungsbarriere:

- Begrenzte Kühl- und Heizleistung

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**3.2.2 Bauteilaktivierung mit PCM**

Reicht die vorhandene thermische Speichermasse nicht aus, ist die Kombination mit aktiv durchströmten PCM-Bauteilen eine mögliche Alternative.

**Weiterführende Informationen:**

Durch das Ein- oder Aufbringen des PCM auf oder in die Betondecke reagiert das Bauteil wesentlich schneller und flexibler auf Temperaturspitzen. Auftretende Temperaturspitzen lassen sich dadurch z. B. abpuffern und mit niedriger Kühlleistung in der Nacht abtransportieren.

PCM können nicht direkt als Bauprodukt eingesetzt werden, aufgrund ihrer Materialeigenschaften. Sie werden deshalb in Saug- und Matrixstrukturen eingelagert oder mikro- bzw. makroverkapselt.<sup>66</sup> Kommerzielle Latentwärmespeicher nutzen meist spezielle Salze oder Paraffine als Speichermedium (PCM). Das geeignete Material hängt dabei vom jeweiligen Anwendungsfall ab (Salzlösungen, Gashydrate, Zuckeralkohole, Paraffine).

Für den Einsatz im Bauwesen eignen sich Paraffine und Salzhydrate am besten, da diese im Raumtemperaturbereich (bis 25°C) ihren Aggregatzustand ändern können. Im Folgenden werden die gängigsten Medien dargestellt, die gegenwärtig in der Bauindustrie angewendet werden.

- Paraffine sind reaktionsträge und nicht toxisch. Sie gefährden weder die Umwelt noch führen sie zu Korrosionsschäden an Metallen. Mit Paraffinmischungen lassen sich Schmelztemperaturen zwischen -3°C und 100°C einstellen. Nachteile von Paraffinen sind unter anderem ihre Brennbarkeit, sowie ihre geringe Wärmeleitfähigkeit und Speicherdichte. Der Preis von Latentwärmeparaffinen hängt von den Handelspreisen für Rohöl auf dem Weltmarkt ab. Momentan liegt der Preis bei etwa 3,50€/kg (Stand April 2009).
- Salzhydrate sind nicht brennbar, haben eine höhere Speicherdichte als Paraffine, jedoch einen relativ engen Schmelzbereich. Ihre Materialkosten sind niedrig. Nachteile sind ihre Umweltunfreundlichkeit sowie ihr korrosives Verhalten gegenüber Metallen. Sie haben eine Tendenz zu Unterkühlung und eine eingeschränkte Langzeitstabilität. Salzhydrate werden bevorzugt in Metallkassetten eingebracht, die oberhalb von





abgehängten Decken platziert werden und so als Klimagespeicher dienen. Sie kosten etwa 2,50€/kg (Stand April 2009). Die Preisanpassung findet hier wie bei Paraffinen statt.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: für Wärme: Heizkörper, zur Kühlung: Split-Gerät)

- Vorteile:**
- Niedriges Temperaturniveau und somit niedrige Oberflächentemperatur
  - Hohe gefühlte Behaglichkeit in den Räumen

- Nachteile:**
- Exakte Temperatur kann nicht garantiert werden; Beeinflussung durch ein zusätzliches System ist evtl. nötig (z. B. Fensterlüftung)
  - Systemträgheit und begrenzte Flexibilität (auch begrenzte Kühl- und Heizleistung)
  - Muss bei der bauphysikalischen Planung berücksichtigt werden

- Anwendungsbarriere:**
- Begrenzte Kühl- und Heizleistung
  - Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 3.2.3 Pufferspeicher für Erdeinbau



Abbildung 38: Pufferspeicher (Mall GmbH)

Die Mall GmbH hat in Zusammenarbeit mit dem Steinbeis-Forschungsinstitut Solites einen Pufferspeicher entwickelt, der durch Solaranlagen oder Biomasse-Heizungen erhitztes Wasser zuverlässig lagert. Das Wasser steht dann für die Heizungsunterstützung oder die Warmwasserbereitung zur Verfügung. Heizungsanlagen, die auf erneuerbare Energien setzen, lassen sich nur dann effizient betreiben, wenn ausreichend Puffervolumen vorhanden ist. Große Pufferspeicher sind jedoch wegen ihrer Abmessungen für eine Heizungsmodernisierung im Keller eher ungeeignet und belegen beim Neubau sehr viel umbauten Raum. Mall setzt deshalb auf einen Pufferspeicher mit Stahlbetonhülle und Innenauskleidung aus Edelstahl, der im Erdreich verbaut und über wärmegeleitete Rohrleitungen in die Heizungsanlage eingebunden wird. Das günstige Verhältnis zwischen Inhalt und Oberfläche des Speichers ist die wichtigste



Abbildung 39: Einbindung eines Pufferspeichers (Mall GmbH)

Voraussetzung für die Minimierung der Wärmeverluste.<sup>67</sup> Als Dämmmaterial zwischen der Innenauskleidung aus Edelstahl und dem voll befahrbaren Stahlbetonspeicher dient Blähglasgranulat, das zu 100% aus Recyclingglas hergestellt wird und sich im Speicherbau als hoch wärmedämmender Werkstoff bewährt hat.

#### Weiterführende Informationen:

Beispiel für einen Pufferspeicher ist das Produkt der Firma Mall in einer drucklosen Variante. Diesen Pufferspeicher wird es in drei Größen mit bis zu 4.500 Litern, ab Herbst 2009 auch mit 3 bar Druck und einem Speichervolumen bis 10 m<sup>3</sup> geben.<sup>68</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: zentrale Heizung und Warmwasseraufbereitung)

##### Vorteile:

- Lange Lebensdauer
- Platzsparend, da im Erdreich verlegt (auch unter Verkehrsflächen möglich) und nicht im Gebäude integriert werden muss
- Geringe Wärmeverluste

##### Nachteile:

- Höherer Installationsaufwand zur Einbindung des Pufferspeichers



**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 3.3 Energieübergabe

#### 3.3.1 Flächenheizung und Kühlung allgemein



Abbildung 40: Fußbodenheizung beim Einbau (www.weidinger.at)

Flächenheizung/-kühlung ist ein Oberbegriff für verschiedene Systeme, die Wärme über die Bauteile eines Gebäudes abgeben oder aufnehmen. Dazu gehören beispielsweise

- Fußbodenheizungen/-kühlungen
- Wandheizungen/-kühlungen

Was Fußboden- und Wandheizungen betrifft, so können Flächenheizungen dank der dünnen Fertigelemente heutzutage in jeden Boden oder Wandputz integriert werden. Die Strahlungswärme, die von Fußboden- und Wandheizungen ausgeht, ist sehr angenehm, vergleichbar mit der Hitze von Kachelöfen. Ein Vorteil für die Atemwege ist, dass bei Flächenheizungen kein Staub aufgewirbelt wird. Die gleichmäßig warmen Wände verhindern außerdem Schimmel und wirken

der Verbreitung von Hausstaubmilben entgegen.

Auch wirtschaftlich sind Flächenheizungen in Kombination mit Wärmepumpen oder Solarthermie sinnvoll. Gegenüber herkömmlichen Heizungen können hier 20-30 % Heizkosten eingespart werden<sup>69</sup>.

#### Weiterführende Informationen:

Wenn Außenflächen wie Wände und Fußböden eine Flächenheizung erhalten sollen, spielt die Wärmedämmung eine besonders wichtige Rolle. Ideal ist die Kombination einer Wand-Flächenheizung in Verbindung mit Wärmepumpen oder Solarthermie.

Flächenheizungen bieten sich insbesondere auch bei der Altbausanierung an.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie für Wärme: Heizkörper; für Kälte: Split-Gerät)

##### Vorteile:

- Da die erwärmte Oberfläche vergleichbar groß ist, ist eine niedrigere Oberflächentemperatur und damit eine niedrigere Vorlauftemperatur möglich.
- Da die mittlere Temperatur der Umhüllungsfläche höher ist, kann die Lufttemperatur um einige Grad geringer ausfallen. Hierdurch können Lüftungsverluste reduziert werden.
- Flächenheizungen können auch im Zuge von Sanierungsmaßnahmen eingebaut werden.

##### Nachteile:

- Hohe Investitionskosten.

|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wartung ist schwierig.</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Investitionskosten</li> </ul>     |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 3.3.2 Deckenstrahlungsheizung

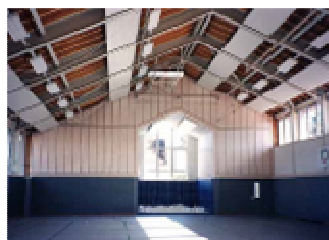


Abbildung 41: Deckenstrahlheizung (energieberatung.ibs-hlk.de)

Bis in die fünfziger Jahre war die Deckenstrahlungsheizung eine weit verbreitete Alternative zu Warmwasser-Zentralheizungen, auch in Büro- und Wohngebäuden. Aus diesen Bereichen verschwand sie später fast vollständig, da die hohen Deckentemperaturen nicht als behaglich empfunden wurden. In Sport-, Industrie- und Messehallen wird die Deckenstrahlungsheizung jedoch bis heute eingesetzt, da sich dort eine größere Höhendifferenz zwischen der Deckenflächen und der Aufenthaltszone ergibt. In jüngster Zeit wurde die Deckenstrahlungsheizung für Bürogebäude wiederentdeckt, da in teilklimatisierten Gebäuden mit Kühldecken die aktiven Deckenelemente im Winter zur Gebäudeheizung verwendet werden können. In Gebäuden mit niedrigem Heizwärmebedarf stellen Deckenheizungen mittlerweile den Radiatoren gegenüber gleichberechtigte Heizsysteme dar.<sup>70</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Diese Art Heizung ist besonders für größere Räume (z. B. Sport- oder Industriehallen) sinnvoll, wo sie durch die hohe Bauhöhe nicht als unangenehm empfunden wird.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Gasverbrennung bei Hallenheizung)

##### Vorteile:

- Deckenstrahlheizung ermöglicht lokale Erwärmung in den größeren Hallen.
- Gleichmäßige Temperaturverteilung in vertikaler und horizontaler Richtungen im

|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| Vergleich zu anderen Heizsystemen. <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Niedrige Betriebskosten durch geringe Wartungsintensität.</li> <li>▪ Praktisch lautloser Betrieb und zusätzlicher Schallschutz.</li> <li>▪ Energieeinsparung (gleiche Behaglichkeit bei der niedrigeren Temperatur als bei anderen Heizungsarten).</li> <li>▪ Raumgewinn (bei Deckenstrahlheizung bleiben die Wände und die Bodenflächen frei und können effizienter genutzt werden).</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erwärmung in Kopfhöhe wird in niedrigen Räumen als unangenehm empfunden.</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wärme auf Kopfhöhe wird als unangenehm empfunden.</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 3.3.3 Strahlungsoptimierter Heizkörper

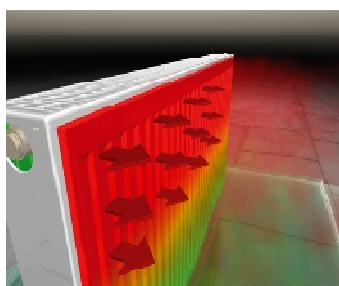


Abbildung 42: Der Therm X2 arbeitet nach dem Prinzip der seriellen Durchströmung. (Kermi GmbH)

Bei strahlungsoptimierten Radiatoren ist die vordere Heizplatte heißer als die hintere bzw. wird getrennt von der hinteren beheizt. Hierdurch werden kürzere Aufheizzeiten und eine Abgabe von bis zu 100% mehr Strahlungswärme erreicht. Strahlungsoptimierte Heizkörper kommen vor allem bei Niedrig-Temperatur-Heizsystemen zur Geltung. Eingesetzte Materialien für Strahlungsheizkörper sind zusätzliche zu ursprünglichen Materialien u.a. auch Glas, Marmor oder Glaskeramik. Die größte Barriere für ihren Einsatz ist der höhere Preis im Vergleich zu nicht-strahlungsoptimierten Radiatoren. Strahlungsoptimierte Heizkörper können zu erheblichen Kosteneinsparungen im Betrieb führen.

#### Weiterführende Informationen:

Ein Beispiel für Strahlungsoptimierte Heizkörper ist der Therm X2 der Firma Kermi.<sup>71</sup> Mit die-

sem System können laut Hersteller Energieeinsparungen bis zu 11% erzielt werden.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Heizkörper)

**Vorteile:**

- Geringe Wartungs-, Installations- und Betriebskosten.
- Gleichmäßige Strahlungswärme sorgt für Behaglichkeit.

**Nachteile:**

- Relativ hohe Investitionskosten.

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten.

**Relative Einschätzung:**

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

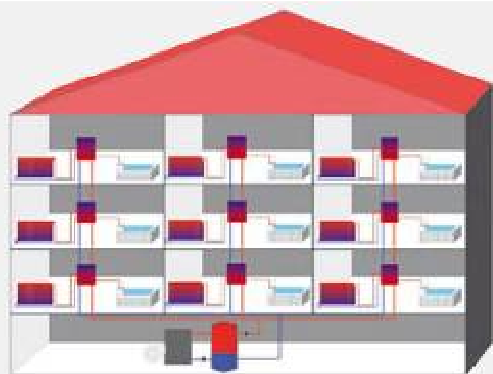
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                |           |  |           |  |              |  |       |  |
|----------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| Betriebskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                |           |  |           |  |              |  |       |  |

|            |           |  |                |  |             |  |               |  |
|------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| Marktreife | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|            |           |  |                |  |             |  |               |  |

|               |               |  |               |  |          |  |          |  |
|---------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| Marketingwert | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|               |               |  |               |  |          |  |          |  |

**3.3.4 Dezentrales System zur Heizungs- und Warmwasserversorgung**



Heizwasser und Trinkwarmwasser wird dezentral über eine Station bereitgestellt. Die Station besteht hauptsächlich aus einem Wärmetauscher, welcher an ein zentrales Heizungssystem angeschlossen ist. In einem Mehrfamilienhaus wird so jede Wohnung oder jede Nutzeinheit mit Heizungs- und Trinkwarmwasser separat versorgt. Dies bietet zum einen Vorteile beim Legionellenschutz, zum anderen können die Energiekosten für Raumwärme und Trinkwarmwasser einfach abgerechnet werden.

Abbildung 43: Aufbau eines Dezentralen Versorgungssystems (www.kamo.de)

**Weiterführende Informationen:**

Hersteller von dezentralen Verteil-Stationen ist die Firma KaMo Systemtechnik.<sup>72</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: zentrale Heizung und Warmwasseraufbereitung)

**Vorteile:**

- Guter Legionellenschutz
- Einfache Abrechnung der Nebenkosten möglich
- Warmwasser und Heizwärme ist für jede Einheit separat regelbar

**Nachteile:**

- Höherer Installationsaufwand und höhere Investitionskosten im Vergleich zu einer zentralen Versorgung

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 3.4 Netzhydraulik und Pumpen

Zentrale Pumpensysteme können zu einer Reduzierung der Bau- und Betriebskosten führen. Dennoch stellen dezentrale Pumpensysteme, die mit Regelungstechnik kombiniert werden, eine besonders interessante Hydraulik-Lösungen für Bürogebäude dar. Bei flexibler Gebäudenutzung können sie durch eine gezielte Optimierung des Gesamtsystems zur Optimierung von Heizungsanlagen führen (Strahlabgleich, Geräuschabgleich). Viele Lösungen sind in diesem Bereich auf dem Markt verfügbar. Aktuelle Forschungsprojekte beschäftigen sich mit der weiteren Verbesserung durch neue Beschichtungen oder Maßnahmen zur Strömungsoptimierung. Einige Innovationen sind die folgenden:

- Hydropneumatische Pumpen verbinden die Vorteile der Pneumatik (rasche Verfügbarkeit von Energie) mit denen der Hydraulik (gute Steuerbarkeit der Energie). Es sind rotierende und lineare Systeme erhältlich, die großteils in der Automatisierungs- und Steuerungstechnik eingesetzt werden.



- Continuum-Pumpenreihen werden in der Steuerungs- und Automatisierungstechnik und in Kühlanlagen angewendet. Ihre Vorteile sind ein hoher Betriebsdruck (es können bis zu 250 bar erreicht werden) und eine geringe Pulsation (geräuscharmer Betrieb).
- Die Hydrodynamische Wasser-Wärmeverteilung ermöglicht die Steuerung von mehreren Regelkreisen in der Gebäudetechnik über nur eine Pumpe. Der Vorteil von hydrodynamischer Wasser-Wärmeverteilung ist die Reduzierung der Bau- und Betriebskosten durch die Reduzierung der Anzahl notwendiger Pumpen.

Eine weitere Innovation ist die Permanentmagnet-Technologie, die im Folgenden genauer beschrieben wird.

### 3.4.1 Permanentmagnet-Technologie



Abbildung 44:  
Pumpe mit Permanentmagnet-Technologie  
(www.grundfos.de)

Elektromotoren, die durch Permanentmagneten (Ferrit oder Neodym) angetrieben werden, sind im Vergleich zu Universalmotoren besser steuerbar und können Sensorfunktionen übernehmen. Permanentmagnet-Motoren ermöglichen außerdem die Integration des Rotors in bewegliche Teile des Pumpensystems, wodurch in vielen Fällen die Komplexität und damit die Fehleranfälligkeit der Systeme reduziert werden kann.

Vorteile der Permanentmagnet-Technologie sind die energetische Optimierung von Gesamtsystemen durch verbesserte Möglichkeiten zur Bauteil-Integration sowie eine geringere Wartungsintensität als bei herkömmlichen Motorenarten.

Permanentmagnet-Motoren werden aus unterschiedlichen Materialien hergestellt und finden ihren Einsatz in zahlreichen Bereichen (Waschmaschinen, Büroelektronik, Automatisierungstechnik etc.).

#### Weiterführende Informationen:

Der Energieverbrauch von Motoren mit Permanentmagnettechnologie hängt im Vergleich zu Standardmotoren von der benötigten Drehzahl ab. In niedrigen Drehzahlbereichen arbeiten Permanentmagnet-Motoren effizienter, in hohen bringen Universalmotoren mehr Effizienz.

Anbieter sind unter anderem die Grundfos GmbH<sup>73</sup> und Wilo<sup>74</sup>.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: 3-stufige Pumpe)

##### Vorteile:

- Minimaler Wartungsaufwand
- Gute Steuerbarkeit
- Sensorfunktionalitäten, die die Identifikation von Störungen im Antriebssystem ermöglichen
- Minimierung der Betriebskosten durch Sensorik und geringen Wartungsaufwand

##### Nachteile:

- Höhere Investitionskosten

**Anwendungsbarriere:**

- Die Höhe der Investitionskosten.

**Relative Einschätzung:**

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                |           |  |           |  |              |  |       |  |
|----------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| Betriebskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                |           |  |           |  |              |  |       |  |

|            |           |  |                |  |             |  |               |  |
|------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| Marktreife | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|            |           |  |                |  |             |  |               |  |

|               |               |  |               |  |          |  |          |  |
|---------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| Marketingwert | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|               |               |  |               |  |          |  |          |  |

**3.4.2 Warm-/Kaltwasserverteiler (Zortströmverteiler)**



Abbildung 45: Installierter Verteiler

Unterschiedliche Temperaturniveaus werden geschichtet und für das jeweilige System bei entsprechendem Temperaturniveau wieder entnommen. Außerdem besteht die Möglichkeit die jeweiligen Schichten von unterschiedlichen Wärmeerzeugern zu speisen.

Dies bietet den Vorteil, dass z. B. zuerst Radiatoren, Boiler, Wärmetauscher u. a. mit Heizungswasser durchflossen werden. Anschließend wird die kühlere Rücklauftemperatur z. B. für die Fußbodenheizung verwendet. Somit entstehen hohe Spreizungen und Wärmeerzeuger wie z. B. Brennwertkessel arbeiten effizienter.

Auf die gleiche Weise wird der Verteiler auch im Kühlfall betrieben. Es wird mit der Kühlung jenes Raumes begonnen, der die niedrigste Temperatur benötigt. Danach werden mit demselben Kühlwasser in einem Stufenverfahren alle Orte genau entsprechend der dort tatsächlich benötigten Temperatur gekühlt. Die Rücklauftemperatur wird jeweils wieder zur Vorlauftemperatur für den nächsten, in der Temperatur höher ausgelegten Kühlkreis.<sup>75</sup> Durch die bessere Ausnutzung der Kälte wird so der Wirkungsgrad

der Kältemaschine gesteigert.

**Weiterführende Informationen:**

Prinzip eines Verteilers:

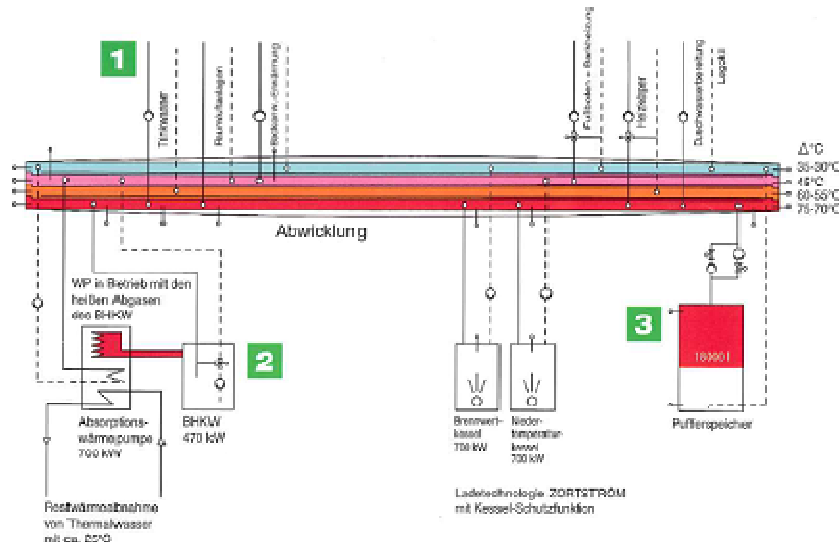


Abbildung 46: Prinzip eines Verteilers (www.zortea.at)

Hersteller dieses Systems ist die Firma Zortea.<sup>76</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: zentrale Heizung und Warmwasseraufbereitung)

**Vorteile:**

- Erhöhung des Anlagenwirkungsgrades durch bessere Ausnutzung der Wärme oder Kälte
- Keine Mischventile z.B. für eine Rücklaufanhebung erforderlich
- Günstige Montage

**Nachteile:**

- Bei vielen Abgängen Gefahr der Kollision von Leitungen

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|-----------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre  | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

## 4 Themenfeld 4: Energierückgewinnung

Im Kontext einer optimalen Nutzung von Energieträgern spielen Technologien zur Energierückgewinnung eine entscheidende Rolle. Durch die relativ geringen Energiekosten spielt die Energierückgewinnung jedoch eine untergeordnete Rolle. Nichtsdestotrotz ist sie in vielen Fällen mit nur geringem Investitionsaufwand realisierbar und kann über den Gebäudelebenszyklus zu erheblichen Kosteneinsparungen führen. In diesem Rahmen werden Sorptionsklimasysteme sowie regenerative Aufzugsantriebe als ausgewählte Beispiele dargestellt.

### 4.1.1 Sorptionsklimasysteme

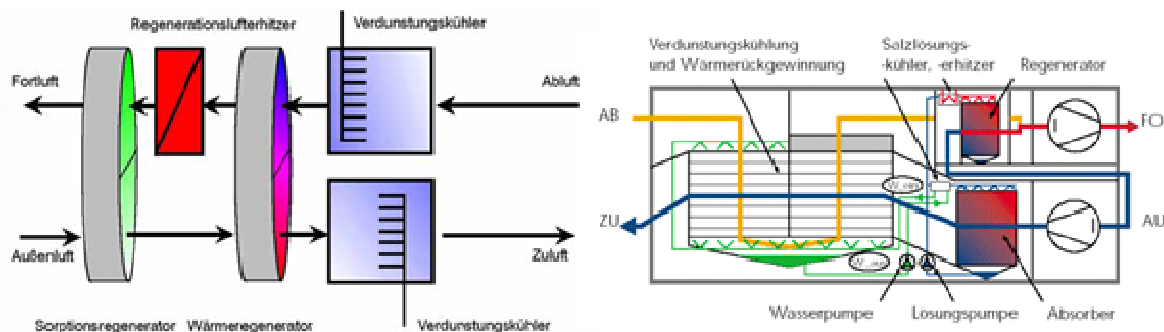


Abbildung 47: Sorptionsklimasystem mit festem (links) bzw. flüssigem (rechts) Absorber  
([www.downloads.fgk.de](http://www.downloads.fgk.de))

Eine seit Jahrtausenden verwendete Methode zur Kühlung ist die Verdunstung von Wasser (Verdunstungskühlung).<sup>77</sup> Während konventionelle Klimasysteme eine externe Kälteerzeugung zur Kühlung und Entfeuchtung der Luft benötigen, wird die Luft in Sorptionsklimasystemen über so genannte „sorptive“ Materialien entfeuchtet und über die Verdunstung von Wasser gekühlt.

Es gibt Sorptionsklimasysteme mit festen und solche mit flüssigen Absorbieren. Bei festen Absorbieren muss der Absorber wechselweise von Zuluft und Regenerationsluft durchströmt werden; bei flüssigen wird die Absorptionsflüssigkeit zwischen Absorption und Regeneration gepumpt.

Um einen fortlaufenden Prozess zu garantieren, muss das Wasser wieder aus den Absorptionsmedien entfernt werden. Dies geschieht durch Wärmezufuhr, wobei keine hohen Temperaturen notwendig sind, weshalb solare Wärme oder Niedertemperaturabwärme aus industriellen Prozessen und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen gut verwendet werden kann.<sup>78</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Sorptionsklimasysteme mit festen Absorbieren werden bereits von vielen Geräteherstellern angeboten. Sorptionsklimasysteme mit flüssigen Sorptionsmitteln sind derzeit an der Schwelle zur breiten Verfügbarkeit. Einzelne Pilotanlagen sind in Betrieb, die Anlagen sollten in kurzer Zeit kommerziell verfügbar sein (Stand 2007).

Der wesentliche Vorteil von flüssigen Absorbern besteht darin, dass die beiden sorptiven Lösungen, die verdünnte und die konzentrierte, getrennt gelagert werden. Dadurch ist es möglich, die Sorption und die Regeneration zeitlich versetzt durchzuführen und beispielsweise die Lösung in Zeiten mit hohem Solarertrag zu generieren und in den Abendstunden dann im Klimaprozess genutzt werden.<sup>79</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Klimaanlage)

**Vorteile:**

- Hohe Effizienz.
- Umweltfreundlich im Vergleich zu konventionellen Klimaanlage.
- Geringe Investitionskosten und Betriebskosten.

**Nachteile:**

- Hoher Abstimmungsaufwand des Systems auf bestimmte Gebäude, klimatechnische Rahmenbedingungen und die Gebäudenutzung.

**Anwendungsbarriere:**

- Muss genau auf Rahmenbedingungen angepasst werden.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

#### 4.1.2 Energierückgewinnung bei Aufzügen



Abbildung 48: Kone EcoDisc<sup>®</sup>  
Antrieb mit Energierückgewinnung (www.kone.com)

Regenerative Aufzugsantriebe wandeln die beim Bremsvorgang anfallende Wärmeenergie in elektrische Energie um, die in das hausinterne Stromnetz eingespeist wird. Die dabei gewonnene Energie hat einen fast sinusförmigen Strom- und Spannungsverlauf. Dies minimiert mögliche negative Rückwirkungen auf das gesamte Netz und schont das Energiesystem des Gebäudes. Auch hochempfindliche Geräte, die im Betrieb sind, werden so nicht gestört.

#### Weiterführende Informationen:

Ein Beispiel eines solchen energieeffizienten Aufzugsantriebs ist EcoDisc<sup>®</sup> von der Firma Kone (www.kone.com), das über einen effizienten vektorgesteuerten Antrieb mit Generatorfunktion verfügt. Eine vergleichbare Lösung ist der Antrieb ReGen von der Firma Otis (www.otis.com). ReGen Antriebe können bis zu 75% der erforderlichen Antriebsenergie einsparen. Der GeN2 wird mit stahlseelenarmierten Polyurethangurten anstelle der herkömmliche Stahlseile betrieben und benötigt daher keinerlei umweltbelastende Schmiermittel. Darüber hinaus verbraucht der mit Permanentmagneten ausgestattete Direktantrieb bis zu 50 % weniger Energie als konventionelle Getriebemaschinen. Die Kombination aus GeN2 und ReGen-Antrieb ist folglich die ideale Alternative für Architekten und Gebäudebetreiber, die heute schon auf Nachhaltigkeit setzen und entsprechend zukunftsorientierte Investitionen tätigen wollen.<sup>80</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Standard-Aufzug)

##### Vorteile:

- Reduzierung der Betriebskosten.
- Umweltfreundlichkeit.

##### Nachteile:

- Höhere Investitionskosten im Vergleich zu klassischen Antriebssystemen.

##### Anwendungsbarriere:

Hohe Investitionskosten



**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |



## 5 Themenfeld 5: Lüftung und Luftqualität; Klimatisierung

Die Notwendigkeit funktionsstarker Systeme zum Abtransport von Schadstoffen, Feuchtigkeit und Kohlenstoffdioxid in Innenräumen wird in Zukunft voraussichtlich weiter stark zunehmen. Energieeffiziente Neubauten (Passivhäuser oder energetisch positive Häuser), benötigen beispielsweise eine kontrollierte Raumlüftung. Konventionelle Gebäude leiden teilweise unter Schadstoff- und Schimmelpilzbelastung, die nur mit Hilfe einer gut funktionierenden Raumlüftung dauerhaft reduziert werden kann. Darüber hinaus ist es wichtig, Schadstoffe in der zugeführten Zuluft wie Pollen oder Feinstaub wirksam auszufiltern oder abzuhalten. Bei natürlicher Lüftung muss auch die Lärmbelastung (z. B. durch Straßenverkehr) bei offenen Fenstern beachtet werden.

Ein Plus der mechanischen Raumlüftung ist die Möglichkeit der Wärmerückgewinnung, d.h. die Aufheizung von Frischluft durch Abluft. Dies ist technisch gesehen keine Herausforderung, da die benötigten Wärmetauschersysteme bereits existieren und in der Praxis erprobt sind. Eine Wärmerückgewinnungsanlage senkt somit den Energieverbrauch für Heizwärme und damit die Heizkosten.

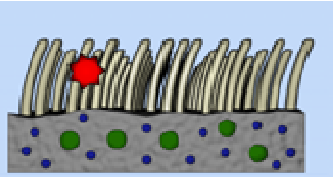
Mechanische Raumlüftungen können über ein Zentralgerät gesteuert werden, das über Anschlüsse in jedem Zimmer eine zimmerspezifische Regelung des Luftaustausches ermöglicht. Alternativ können dezentrale Geräte in allen Zimmern betrieben werden, was jedoch – verglichen mit der zentralen Lösung – einen deutlich höheren Energiebedarf zur Folge hat.

Weitere Informationen zur mechanischen Lüftung finden sich in unter den ausgewiesenen Kapiteln. Im Anschluss werden drei nicht-mechanische Lösungen vorgestellt: der Katalysatorteppich, Innenfarben und Gläser mit photokatalytischer Beschichtung und die Nachtlüftung.

## 5.1 Luftreinigung (olfaktorisch, Schadstoffe)

Durch die Urbanisierung spielt die Verfügbarkeit von sauberer Luft in Nutzräumen eine immer wichtigere Rolle. Neue Beschichtungstechnologien für Innenräume können hier das Raumklima und den Komfort der Nutzer verbessern. Als Beispiele werden in diesem Rahmen Teppiche mit photokatalytischer Wirkung sowie Innenfarbe mit photokatalytischer Beschichtung beschrieben und bewertet.

### 5.1.1 Teppich mit photokatalytischer Wirkung (Katalysator-Teppiche)



Der Katalysator-Teppich unterscheidet sich von einem konventionellen Teppich durch einen im Vorstrich des Teppichs integrierten Wirkstoff (hauptsächlich Titanoxid), der in Form einer Paste auf den Vorstrich aufgetragen und eingewalzt wird. Der Wirkstoff kann auch bei Vorhangstoffen in das textile Flächengebilde integriert werden.

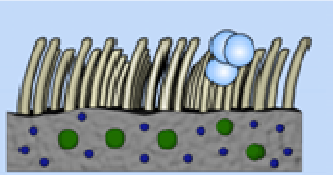


Abbildung 49: Funktionsweise eines Katalysator-Teppichs ([www.dura-air.de](http://www.dura-air.de))

Geruchs- und Gasmoleküle, die durch die natürliche Luftzirkulation mit dem Wirkstoff in Berührung kommen, werden durch Oxidation größtenteils zu Kohlendioxid und Wasserdampf abgebaut; Schadstoffe wie Formaldehyd, Nikotin oder Ammoniak werden so erfolgreich aus der Luft gefiltert. Das Funktionsprinzip beruht dabei nicht auf einer Geruchsüberdeckung oder Adsorption der Schadstoffe, sondern auf dem Katalysator-Prinzip (vgl. Kfz-Katalysator).

Zu beachten ist, dass die Abbaugeschwindigkeit nicht bei jedem getesteten Schadstoff gleich ist. Darüber hinaus hängt die Wirksamkeit von Textilien mit Katalysator-Effekt stark von der Raumluftzirkulation und der Luftzusammensetzung ab.

#### Weiterführende Informationen:

Die Technologie des Katalysator-Teppichs hat ihren Ursprung in Asien, wo sie schon seit rund 20 Jahren bekannt ist (siehe beispielsweise die Firma Suminoe-Textile aus Japan). Auf dem europäischen Markt ist die Katalysator-Technik dagegen weitgehend unbekannt; hier werden als unangenehm empfundene Gerüche oft lediglich mit einem intensiveren, wohlriechenden Duft überdeckt (maskiert).

In Deutschland bietet beispielsweise die Dura Tufting GmbH einen Teppichboden mit Katalysator-Technik an (DuraAir<sup>®</sup>)<sup>81</sup>. Einen Katalysatorstoff gibt es von der Schmitz-Werke GmbH + Co. KG (drapilux air<sup>®</sup>)<sup>82</sup>.

Ein Bericht im Ratgeber Bauen+Wohnen des WDR hinterfragt den tatsächlichen Nutzen von Katalysator-Teppichen. In einem Test des Eco-Labor in Köln konnte ein Abbau des häufig vorkommenden Schadstoffes Limonen durch den Katalysator nicht nachgewiesen werden. Im Gegenteil zeigte es sich, dass der Teppich der Dura Tufting GmbH im Vergleich mit dem nicht ausgerüsteten Teppich etwa die dreifache Menge an Schadstoffen in die Umgebungsluft abgab.<sup>83</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmlicher Teppichboden)

**Vorteile:**

- Die Wirkung von Katalysator-Beschichtungen verbraucht sich nicht und bleibt permanent wirksam.

**Nachteile:**

- Die Investitionskosten für einen Katalysatorteppich sind ca. doppelt so hoch (Angabe: 2009) wie für einen qualitativ vergleichbaren Teppich ohne Katalysatortechnik.
- Es gibt bisher keine verbindlichen Aussagen zur Wirksamkeit von Katalysatorteppichen; die Angaben verschiedener Testlabore variieren stark.
- Eine gute Zirkulation der Raumluft – durch gekippte Fenster oder künstliche Umwälzungen – ist zwingend erforderlich.

**Anwendungsbarriere:**

- Hohe Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 5.1.2 Innenfarben mit photokatalytischer Beschichtung

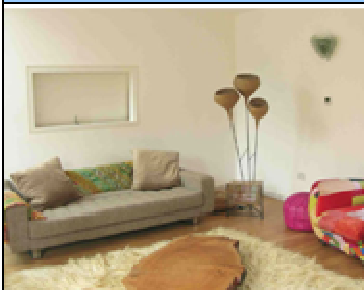


Abbildung 50: Photokatalytische Innenfarbe des Naturfarbenherstellers Auro ([www.baulinks.de](http://www.baulinks.de))

Titandioxide sind als hochdeckende, hellweiße Pigmente in Farben auf Latex- oder Lösungsmittelbasis bekannt. Durch Titandioxid-Pigmente können Innenfarben eine photokatalytische Wirkung erzielen, d.h. eine Umkehrung der Photosynthese. Dabei werden organische Stoffe mit Hilfe von Lichteinstrahlung in Kohlendioxid und Wasser umwandelt. Schadstoffe (z. B. Formaldehyd oder Lösungsmittel), Gerüche und Mikroorganismen werden so zuverlässig abgebaut. Allerdings werden dabei auch organische Bindemittel in den Farben selbst zerlegt, weshalb diese Anstriche mit der Zeit zu starker Kreidung neigen. Dieser Effekt kann durch silikatische gebundene Farben eliminiert werden, weshalb moderne photokatalytische Wandfarben auf Basis von Kalk oder Kieselsäure hergestellt werden.

**Weiterführende Informationen:**

Die heutzutage angebotenen Produkte entsprechen den gängigen technischen und ökologischen Standards. Die beschriebenen photokatalytischen Eigenschaften besitzen beispielsweise die Farben Sto Climasan<sup>84</sup> und Capasan<sup>85</sup>, die sich für die Anwendung in öffentlichen Gebäuden (Schulen, Büroräume, Restaurants, Einkaufszentren, etc.) eignen.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Farben)

**Vorteile:**

- Unkomplizierte Verbesserung der Raumhygiene. Die luftreinigende Wirkung von photokatalytischen Farben tritt schon unter Einwirkung von künstlichem Licht auf. Sie sind damit unabhängig von der UV-Strahlung des Sonnenlichts, die durch konventionelle Fenstergläser zum größten Teil abgefangen wird.

**Nachteile:**

- Durch photokatalytische Beschichtungen werden nur organische Ablagerungen zerstört. Die Verschmutzung durch anorganische Materialien wie Kalk, Salze, etc. kann nicht vermindert werden. Wasser verbreitet z. B. Kalk auf der Oberfläche, der nach und nach den „Easy-to-Clean“-Effekt zerstört. Die Reinigung der beschichteten Oberfläche wird dadurch sogar schwieriger als bei unbeschichteten Oberflächen
- Einige photokatalytische Beschichtungen sind nur in Kombination mit UV-Licht wirksam, das in Innenräumen jedoch nur eingeschränkt verfügbar ist.

**Anwendungsbarriere:**

- Langfristige Abnutzung.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 5.2 Unkonditionierte Lüftung

Unsachgemäße Lüftung kann sowohl zu einer Verschlechterung des Raumklimas als auch zu einer erheblichen Steigerung des Energiebedarfs in Nutzräumen führen. Im Hinblick auf die

Nutzung von Temperaturunterschieden sowie das Ziel geregelter Lüftungszyklen wurden in den letzten Jahren erhebliche Verbesserungen der Lüftungssysteme sowie der zugrunde liegenden Motorentechnologien erzielt. Im Folgenden wird ein System zur Nachtlüftung sowie ein Energiesparender „Ökolüfter“ näher beschrieben.

### 5.2.1 Nachtlüftung



Abbildung 51: Zuluftgerät von Systemair (www.systemair.com)

Bei Lüftungsverfahren unterscheidet man zwischen natürlicher, mechanischer und hybrider Nachtlüftung. Bei den freien Lüftungsverfahren findet eine natürliche Lüftung (durch Fenster) statt. Dabei wird vielfach der thermische Auftrieb im Gebäude über Luftkamine oder Innenhöfe genutzt. Zur gezielten Nutzung von natürlichen Lüftungsverfahren können außerdem automatisierte Fensteröffner oder Lüftungsöffnungen genutzt werden. Bei der mechanischen Lüftung wird das Gebäude über eine Lüftungsanlage (meist Abluftanlage) gelüftet. Hybride Lüftungskonzepte stellen eine Kombination freier und mechanischer Lüftungsverfahren dar.

Beim Nachtluft-Verfahren wird die kühle Nachtluft genutzt, um thermische Gebäudemassen nachts abzukühlen. Die Nachtluft wird dabei (natürlich oder mechanisch) durch offene Fenster oder Lufteinlassöffnungen in das Gebäude geleitet. Dabei wird dem Gebäude die tagsüber angesammelte Wärme, die in Wänden, Decken und Gebäudeeinrichtungen gespeichert wird, durch nächtliche Entwärmung wieder entzogen.

#### Weiterführende Informationen:

Neben hohen nächtlichen Luftwechselraten ist hierfür das Vorhandensein einer hohen Speicherkapazität des Gebäudes notwendig, d.h. hohe Speichermassen wie Beton, die nicht durch Decken- oder Wandverkleidungen vom Rauminnenen entkoppelt sind.

Eine Übersicht verschiedener Anbieter findet sich unter [Baulinks.de](http://Baulinks.de).<sup>86</sup>

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Kompressionskälte)

#### Vorteile:

- Einsparung von Energie, die für zusätzliche Kühlung notwendig wäre.
- Möglichkeit der Wärmerückgewinnung und somit der Reduktion der Heizkosten.

#### Nachteile:

- Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen und dem thermischen Verhalten des Gebäudes.
- Reduzierte Schalldämmung der Fassade bei geöffnetem Fenster.
- Bei der natürlichen Nachtlüftung durch offene Fenster müssen Sicherheitsaspekte berücksichtigt werden.

#### Anwendungsbarriere:

- Schalldämmung, Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen.



**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

## 5.3 Dezentrale Lüftung

### 5.3.1 Ökolüfter

Der Ökolüfter ist mit einem regenerativen und langsam rotierenden Gegenstromwärmetauscher (Rotor) ausgestattet und ein dezentrales Lüftungsgerät.



Abbildung 52: Ansicht  
Ökolüfter  
([www.oekoluefter.de](http://www.oekoluefter.de))

Vorzugsweise wird der Rotor direkt in eine vorhandene Isolierglasscheibe (Mehrfachverglasung) oder in eine Öffnung der Gebäudeaußenwand eingebaut.

Das Gerät bietet neben der trockenen Wärmerückgewinnung (WRG) auch die Möglichkeit zur Feuchterückgewinnung (FRG). Seine Effizienz ist laut Hersteller so hoch, dass die Frischluft nahezu immer auf momentanen Raumluftzustand temperiert zugfrei einströmt. Nacherwärmen oder zusätzliches Luftbefeuchten ist daher nicht mehr nötig. Es handelt sich also um einen regenerativen Wärmetauscher für gasförmige Medien (Luft) für die Belüftung von Gebäuden. Der Volumenstrom kann stufenweise zwischen 80 und 200 m<sup>3</sup>/h eingestellt werden.

Die Öffnung kann auch direkt vom Glashersteller eingebracht werden, wenn es sich um einen Neubau oder bei spezielle Glasanfertigungen handelt. Eine Normscheibe ist dann mit der direkten Lochung von 371 mm beim Hersteller abgedichtet und mit der jeweiligen Gasfüllung zu bestellen. Der einzubauende Tragering liegt im Durchmesser bei 368 mm und wird dann in das vorgefertigte Loch eingesetzt. Der nachfolgende Einbau kann dann vom Kunden selbst bewerkstelligt werden

Größtenteils ist der Ökolüfter durchsichtig aufgebaut und hat einen äußeren Durchmesser von 384 mm. Die Wärmetauschertrummel ragt 200 mm von der Scheibe in den Raum. Die gesamte Bautiefe ist 297 mm und das Gesamtgewicht beträgt 8 kg.<sup>87</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Funktionsprinzip des Ökolüfters:

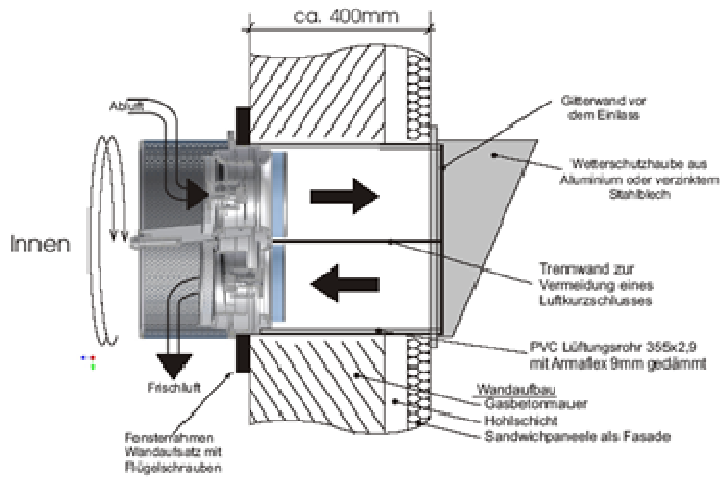


Abbildung 53: Funktionsprinzip des Ökolüfters (www.oekoluefter.de)

**Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: )**

**Vorteile:**

- Nachrüstbares System in Räumen die hohe Anforderungen an die Luftqualität haben und über keine mechanische Lüftung verfügen. Z. B. in Besprechungsräumen
- Pollen werden zum größten Teil herausgefiltert

**Nachteile:**

- Evtl. störende Betriebsweise in Räumen mit hohen Anforderungen an den Geräuschpegel
- Bei Einbau in Fenstern ist die Sicht nach außen beeinträchtigt
- Evtl. störende Optik

**Anwendungsbarriere:**

- Keine bekannt

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |          |           |          |              |          |              |           |
|---------------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |          | eher hoch |          | eher niedrig |          | sehr niedrig |           |
|                           |           |          |           |          |              |          |              |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre  | <5 Jahre | 10 Jahre  | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre     | >50 Jahre |
|                           |           |          |           |          |              |          |              |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch |          | eher hoch |          | eher niedrig |          | keine        |           |
|                           |           |          |           |          |              |          |              |           |





|                      |               |                |             |               |
|----------------------|---------------|----------------|-------------|---------------|
| <b>Marktreife</b>    | Forschung     | Pilotumsetzung | Kleinserien | Massenprodukt |
|                      |               |                |             |               |
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht | eher schlecht  | eher gut    | sehr gut      |
|                      |               |                |             |               |

## 6 Themenfeld 6: Lichttechnik und Gläser (Kunst- und Tageslicht, Überhitzungsschutz, Transmission)

### 6.1 Leuchtmittel für künstliche Beleuchtung

Für den Planer und Architekten stellt sich der Sachverhalt Beleuchtung sehr differenziert dar. Im energetischen System „Gebäude“, stellt dies einen Faktor, der mit vielen anderen Bereichen verknüpft ist, dar. Mangelhafte Lichtkonzepte können die Architektur und die Energiebilanz eines Gebäudes negativ beeinflussen. Gleichzeitig bildet die Beleuchtung selbst ein System aus verschiedenen Komponenten, deren Zusammenspiel durch intelligente Planung optimiert werden kann. Es gilt dabei, Architektur in ihrer Komplexität möglichst ressourcenschonend und energieeffizient zu gestalten. Für die meisten Fälle gibt es heute schon äußerst effiziente Lösungen. Es erfordert eine genaue Analyse der Beleuchtungsaufgabe, um eine solche Lösung für den jeweiligen Fall zu finden.<sup>88</sup>

#### 6.1.1 LED

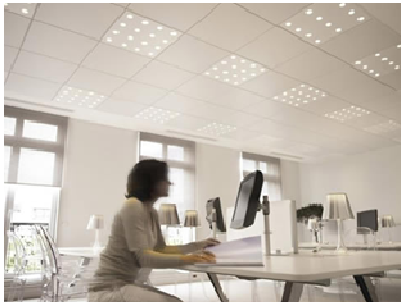


Abbildung 54: Großraumbüro mit LED-Beleuchtung (Philips Deutschland GmbH)

Innovative Leuchtmittel können u. a. auf Leuchtdioden (kurz LED für „Light Emitting Diode“) basieren. Eine LED ist ein elektronisches Halbleiter-Bauelement. Fließt durch die Diode Strom in Durchlassrichtung, so strahlt sie Licht, Infrarotstrahlung (als Infrarotdiode) oder auch Ultraviolettstrahlung mit einer vom Halbleitermaterial abhängigen Wellenlänge ab. Anders als Glühlampen emittieren LEDs Licht in einem schmalbandigen Spektralbereich, das Licht ist nahezu monochrom. Dies führt zu einer besonders hohen Effizienz und Farbsättigung bei farbigen Lichtanwendungen. Weiße LEDs werden durch Einsatz von Leuchtstoffen auf der Basis von blauen oder UV-Dioden hergestellt. Dabei hängen die

Farbwiedergabeeigenschaften des weißen LED-Lichts von der Art der Leuchtstoffbeschichtung ab. Die unter Laborbedingungen erreichbare Lichtausbeute weißer LEDs liegt heute im Bereich der sehr wirtschaftlichen Leuchtstoff- und Halogenmetaldampflampen.

Um eine für Beleuchtungszwecke ausreichende Lichtstärke zu erhalten, müssen mehrere Dioden zusammengesetzt werden. Durch die sehr kleine Bauart können herkömmliche Leuchtenformen mit mehreren LEDs bestückt werden. Für den Gesamtwirkungsgrad ist daher das Zusammenwirken aus Leistungsaufnahme, erzeugter Lichtstärke, verwendeter Optik der LED sowie des Leuchtgehäuses bzw. der Einbausituation ausschlaggebend.

LEDs ermöglichen eine Lichtausbeute von etwa 60 lm/W.<sup>89</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale:

- Leuchtdioden Rechercheportal ([www.led-info.de](http://www.led-info.de))

- Energiesparlampen Informationsportal ([www.energiespar-lampen.de](http://www.energiespar-lampen.de))

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Leuchtstoffröhre (T8))

**Vorteile:**

- Hoher Wirkungsgrad
- Sehr lange Nennlebensdauer
- Gegen mechanische Einwirkungen unempfindliche Bauform
- Zeitnahe und verschleißfreie Schaltung und Steuerung
- Bei unveränderter Lichtfarbe und Lichtausbeute dimmbar
- Effiziente monochrome (farbige) Lichterzeugung
- Marktreife Herstellung weißer LEDs durch neue Kombinationen mit Leuchtstoffen
- Verbesserte Farbwiedergabe bei weißen LEDs
- Lichtbündelung ist oft bereits Bestandteil der LED
- Kleine Bauform ermöglicht vielseitigen Einsatz
- Technologisches und fertigungstechnisches Entwicklungspotenzial
- Geringer Energieverbrauch einzelner LEDs
- Geringe Wärmeentwicklung (Reduzierung der Klimatisierungskosten)
- Keine Wartungskosten

**Nachteile:**

- Die angestrebte Effizienz ist noch nicht erreicht (lm/W)
- Hohe Stückkosten
- Geringere Lebensdauer bei Hochleistungs-LEDs
- Große Zahl von LEDs nötig, um Leuchtstärke konventioneller Leuchtmittel zu erreichen
- LEDs müssen farblich selektiert werden, um homogene Farben zu erlangen, Vorschaltgeräte notwendig

**Anwendungsbarriere:**

- Außer den aufgeführten Nachteilen keine

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|-----------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre  | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |           |          |                |          |              |          |               |           |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

### 6.1.2 OLED



Abbildung 55: Organische Leuchtdioden als Flächenstrahler  
(www.siemens.com)

Eine Weiterentwicklung der LED sind Organische Leuchtdioden (kurz OLED für „organic light emitting diode“). Durch Elektrolumineszenzeffekte werden organische, halbleitende Materialien zum Leuchten angeregt. Dabei entsteht monochromatisches Licht in verschiedenen Farben. Die Lichtfarbe wird während der Fertigung festgelegt und ist später nicht mehr veränderbar. Die derzeit mögliche Leuchtdichte ist deutlich geringer als bei den LEDs und liegt nicht in dem Bereich, der für übliche Beleuchtungsanwendungen erforderlich ist. Die OLED-Technologie ist momentan vorrangig für Bildschirme (z. B. Fernseher, PC-Bildschirme, Monitore) und Displays geeignet. Der Einsatz als großflächige Raumbelichtung wird wegen der geringen Leuchtdichten auch langfristig eher kritisch bewertet. Im dekorativen und informativen Bereich sind jedoch neue Anwendungen für leuchtende Flächen realisierbar.

#### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale:

- OLED Informationsportal ([www.oled-info.com](http://www.oled-info.com))
- Energiesparlampen Informationsportal ([www.energiespar-lampen.de](http://www.energiespar-lampen.de))

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Leuchtstoffröhre (T8))

#### Vorteile:

- Möglichkeit, die OLEDs auf das Trägermaterial aufzudrucken
- Bei der Nutzung von dünnfilmigen Folien als Trägermaterial ist auch nachträglich eine einfache Verformbarkeit des Bauelements, Flexibilität und eine geringe Dicke von unter einem Millimeter möglich
- Hohe Helligkeit und Kontrast und deshalb auch bei Tageslicht ablesbar
- Farbwiedergabe unabhängig vom Blickwinkel
- Die Schaltgeschwindigkeit der OLED liegt unterhalb der Reaktionszeit von Röhrenbildschirmen und dadurch auch unterhalb von üblichen LCD- und Plasma-Bildschirmen
- Material- und Herstellungskosten sind geringer als bei anderen Flachbildschirmen

#### Nachteile:

- Geringe Leuchtdichte
- Haltbarkeit der organischen Stoffe (die verwendeten Stoffe für die drei Grundfarben altern unterschiedlich schnell)

|   |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Anwendungsbarriere:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Kein Ersatz für herkömmliche Innenbeleuchtung</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>   | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>  | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>   | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>   | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 6.1.3 Leuchtstofflampe (T5)



Abbildung 56: T5-Leuchtstofflampe (Osram GmbH)

Altbekannte, röhrenförmige Leuchtstofflampen gehören in verbesserter Form wie z. B. der T5-Reihe heute noch zu den effizientesten und effektivsten Lampen. Leuchtstoffröhren mit hoher Lichtausbeute und Lichtqualität haben sich im Endverbraucherhandel bisher nicht durchgesetzt, sind aber für Bauprojekte und im Fachgroßhandel verfügbar. Durch die Verwendung von elektronischen Vorschaltgeräten ist ein flackerfreier und verlustarmer Betrieb im Bauwesen heute Standard. Es sind verschiedene Lichtfarben sowohl für Farbmischungen wie auch im Weißlichtbereich erhältlich. Mit Leuchtstofflampen ist eine sehr gute Farbwiedergabe möglich, was allerdings zu Lasten der Lichtausbeute geht. Mit entsprechenden Vorschaltgeräten sind Leuchtstofflampen dimmbar und einzeln ansteuerbar. Die allgemein bekannteste Innovation im Leuchtstofflampensektor sind sogenannte Energiesparlampen.

Diese Bezeichnung hat sich für die haushaltstaugliche Form von Kompaktleuchtstofflampen durchgesetzt, die sich durch einen glühlampentypischen Edison-Schraubsockel und ein im Sockel integriertes Vorschaltgerät auszeichnen.

**Weiterführende Informationen:**

Online Informationsportale:

- Energiesparlampen Informationsportal ([www.energiespar-lampen.de](http://www.energiespar-lampen.de))

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Leuchtstoffröhre (T8))

**Vorteile:**



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Preiswert</li> <li>▪ Lange Lebensdauer</li> <li>▪ In vielen Formen und für unterschiedliche Anforderungen erhältlich</li> <li>▪ Hohe Lichtausbeute bei weniger Energieverbrauch (Lichtausbeute ist ca. vier Mal höher als bei Halogenlampen)</li> <li>▪ Wärmeabstrahlung wesentlich geringer als bei Halogen- oder konventionellen Glühlampen</li> <li>▪ Gleichmäßige, schattenlose Ausleuchtung der Umgebung</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mangelnde Brillanz</li> <li>▪ Schlechte Fokussierbarkeit des Lichts</li> <li>▪ Schwierig zu entsorgen</li> <li>▪ Lichtfarbe wie u. U. als unangenehm empfunden</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Anwendungsbarriere:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Bekannt</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <p><b>Relative Einschätzung:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Investitionskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">sehr niedrig</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Lebensdauer</b></td> <td>&lt;2 Jahre</td> <td>&lt;5 Jahre</td> <td>10 Jahre</td> <td>15 Jahre</td> <td>20 Jahre</td> <td>30 Jahre</td> <td>40 Jahre</td> <td>&gt;50 Jahre</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Betriebskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">keine</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Marktreife</b></td> <td colspan="2">Forschung</td> <td colspan="2">Pilotumsetzung</td> <td colspan="2">Kleinserien</td> <td colspan="2">Massenprodukt</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table><br><table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;"><b>Marketingwert</b></td> <td colspan="2">sehr schlecht</td> <td colspan="2">eher schlecht</td> <td colspan="2">eher gut</td> <td colspan="2">sehr gut</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> |               |          |                |          |              |          |               |           | <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |                           |           |  |           |  |              |  |              |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 6.2 Intelligente Sonnenschutzgläser

Neben dem herkömmlichen Sonnenschutz sind heutzutage auf dem Markt sogenannte schaltbare Verglasungen verfügbar. Diese lassen sich per Knopfdruck abdunkeln oder von transparent bis lichtstreuend schalten. Man unterscheidet die folgenden schaltbaren Verglasungen:<sup>90</sup>

- Elektrochrome Schichten (dunkeln durch elektrischen Strom ab)
- Gaschrome oder hydrochrome Schichten (dunkeln bei Kontakt mit Gas ab)
- Photochrome Schichten (dunkeln bei Bestrahlung mit Licht ab)
- Photoelektrochrome Schichten (dunkeln bei Sonnenstrahlung durch elektrischen Strom ab)
- Thermochrome oder thermotrope Schichten (Farbwechsel oder Eintrübung bei Überschreiten einer Schwellentemperatur)
- Polymer Dispersed Liquid-Crystal-Systeme (Aufklaren bei Anlegung einer Spannung, durch Orientierung von lichtstreuenden Flüssigkristallen)
- Suspended Particle Devices (Aufklaren bei Anlegen einer Spannung, durch Orientierung optisch anisotroper absorbierender Teilchen)
- Schaltbare Spiegel auf Metallhydridbasis (Schalten von mechanischem Spiegel zu transparentem Halbleiter durch Kontakt mit Gas)

Einige der oben genannten Systeme werden derzeit noch erforscht, bei manchen gibt es kleinflächige Funktionsmuster, andere sind bereits als Pilotprodukte hergestellt und in Demonstrationsprojekten getestet. Elektrochrome, gaschrome und thermotrope Verglasungen sind bereits kommerzialisiert und auf dem Markt (als Architekturverglasungen) vorhanden.

### 6.2.1 Sonnenschutzverglasung

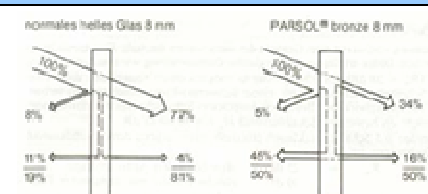


Abbildung 57: Verteilung der Strahlungsenergie für Einfachscheiben aus normalem Glas und aus Absorptionsglas (Beispiel) ([www.architektur.tu-darmstadt.de](http://www.architektur.tu-darmstadt.de))

Eine Sonnenschutzverglasung hat die Aufgabe, einen möglichst großen Teil der Sonnenenergie, die auf die Fenster treffen, vom Innenraum abzuhalten. Sie mindert dadurch den Lichteinfall und dient gleichzeitig dem Wärmeschutz.

Generell unterscheidet man zwischen Absorptionsglas und Reflexionsglas. Absorptionsglas wird durch den Zusatz von Metalloxiden eingefärbt (z. B. grün, blau, bronze oder grau). So wird eine höhere Absorption, und damit eine geringere Strahlungstransmission,

bewirkt. Das Reflexionsglas ist mit einer Metalloxidschicht (häufig Chromnickel oder Edelstahl) beschichtet. Diese Verbindung bewirkt eine erhöhte Reflexion, welche die Transmission und damit die Gesamtdurchlässigkeit reduziert.<sup>91</sup>

Darüber hinaus gibt es Sonnenschutzverglasungen auf Basis mikrostrukturierter Oberflächen. Dabei wird eine mit Mikroprismen strukturierte Folie in die Glasfront integriert und sorgt dort für die Reflektion oder die Aufnahme des Sonnenlichts. So kann das Licht der hoch stehenden Sommersonne beispielsweise fast ganz reflektiert werden, während die flach einfallende Strahlung der tief stehenden Wintersonne durch die Prismen aufgenommen und in die Räume geleitet wird.

**Weiterführende Informationen:**

Absorptions- und Reflexionsgläser kann man als ausgereifte Technologie bezeichnen – sie finden bereits eine breite Anwendung in den heutigen Büro- bzw. Verwaltungsgebäuden. Im Bereich der Sonnenschutzbeschichtungen wird jedoch weiterhin geforscht.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz)

**Vorteile:**

- Keine zusätzlichen Energiekosten für den Betrieb des Sonnenschutzes.

**Nachteile:**

- Generelle Verdunkelung der Räume, in denen der Sonnenschutz angewendet wird.
- Veränderung der Farbe des einfallenden Lichtes (nur ein Teil des natürlichen Lichtspektrums gelangt in den Raum).

**Anwendungsbarriere:**

- Verdunklung, Farb-Veränderung.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |



## 6.2.2 Elektrochrome Schichten



Abbildung 58: Schaltbares Isolierglas EControl®  
(www.glas-voit.de)

Bei elektrochromen Beschichtungen wird Glas über elektrische Spannung verdunkelt bzw. aufgehellt. Damit kann eine Verschattung (Lichtschutz) oder ein Sichtschutz erreicht werden. Generell lässt sich die Verdunklung stufenlos verändern. In den meisten Fällen ist jedoch lediglich eine Steuerung in vorgegebenen Abstufungen möglich.

Die Verringerung der Sonnendurchlässigkeit bei elektrochromen Verglasungen erfolgt über schwache elektrische Spannungsimpulse (kleiner/gleich drei Volt). Sie regulieren die Licht- und Wärmedurchlässigkeit des Glases über eine Wolfram-Beschichtung sowie eine leitfähige Polymerfolie. Die resultierende Verfärbung der Scheibe von transparent zu blau (oder umgekehrt) findet üblicherweise in rund 10 - 15 Minuten statt, die Durchsicht bleibt jederzeit erhalten.

Die Steuerung kann über separate Steuergeräte erfolgen, so dass, wie bei der Installation von Alarmverglasungen, eine elektrische Zuleitung zu jeder Scheibe nötig ist. Dadurch ist prinzipiell eine individuelle Steuerung jedes einzelnen Glases möglich. Praxistauglicher ist jedoch eine Gruppensteuerung für mehrere Fenster, die Einfärbung der einzelnen Fenster synchronisiert. Der ökonomisch beste Weg zur Energieoptimierung lässt sich durch die Integration der elektrochromen Verglasung in das Hausbussystem erreichen.<sup>92</sup>

### Weiterführende Informationen:

Derzeit wird elektrochrome Verglasung nur von wenigen Herstellern angeboten. Ein Beispiel ist die schaltbare Sonnenschutzverglasung EControl® von der EControl-Glas GmbH & Co. KG.<sup>93</sup> Bei Sonneneinstrahlung erhalten die Fenster bei EControl® Einfärbung in Blau, was die Durchlass der Strahlung in die Innenräume reduziert, bei bewölktem Himmel wird die Verglasung entfärbt.

## Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz)

### Vorteile:

- Möglicher Verzicht auf mechanische Sonnenschutzsysteme.
- Relativ geringer Stromverbrauch, da die Spannung nur zur Änderung der Transparenz eingesetzt werden muss.

### Nachteile:

- Hoher Preis im Vergleich zu herkömmlichen Licht-/ Sichtschutz-Systemen.
- Die Steuerung der elektrochromen Verglasung ist technisch noch nicht ausgereift.
- Die Einbindung der elektrochromen Verglasung in die Haustechnik (Spannungsversorgung und Steuerung) ist noch eine Herausforderung.
- Durch intensive Sonnenanstrahlung auf abgedunkelte Systeme kann es zur Überhitzung kommen.



**Anwendungsbarriere:**

- Technisch noch nicht ausgereift.

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 6.2.3 Thermochrome (Thermotrope) Schichten



Abbildung 59: Glas mit thermotroper Polymer-Beschichtung  
 (www.thermochrome-kunststoffe.de)

Bei thermochromen Schichten bewirkt eine Temperaturänderung einen Farbwechsel. Bei steigender Temperatur im Sommer verringert sich dadurch die Durchlässigkeit der Gläser zum Schutz der Räume vor Hitze und intensiver Sonneneinstrahlung. Bei niedrigen Temperaturen im Winter dient die thermochrome Beschichtung zur Nutzung von Wärmestrahlung.

Thermochrome Polymere schalten bei steigenden Temperaturen selbsttätig (ohne Fremdenergie) von einem klaren in einen stark streuenden Zustand. Technisch wird dies gelöst, indem zwei Komponenten mit unterschiedlichen Lichtbrechungseigenschaften gemischt werden, wie z. B. Wasser und ein Kunststoff (Hydrogel) oder auch zwei verschiedene Kunststoffe (Polymerblend). Dadurch entsteht ein System, das bei niedrigen Temperaturen homogen und durchsichtig ist. Bei Erwärmung ändern die Polymere ihre Konfiguration und verursachen dabei Lichtstreuungen, die die Transparenz verringern.<sup>94</sup> Das Resultat ist eine Schaltung auf weiß ohne Erhaltung der Durchsicht.

Thermochrome bzw. thermotrope Beschichtungen weisen auch im klaren Zustand eine minimale Resttrübung auf. Wegen der fehlenden Transparenz im geschalteten Zustand eignen sich thermochrome Beschichtungen für Oberlichter, Teilverglasungen oder Räume ohne ständigen Aufenthalt.

#### Weiterführende Informationen:

Thermochrome Gläser gibt es derzeit lediglich als Labormuster, thermotrope befinden sich im Prototyp-Stadium.<sup>95</sup> Marktreife Systeme werden noch nicht angeboten (Angabe 2009).

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz)

##### Vorteile:

- Keine zusätzliche Energiequelle zur Steuerung nötig.

##### Nachteile:

- Im geschalteten Zustand verlieren Gläser mit thermochromer Beschichtung die Transparenz; auch im nicht-geschalteten Zustand bleibt eine leichte Trübung zurück.
- Bei Dunkelheit und gleichzeitig hohen Außentemperaturen werden thermochrome Gläser undurchsichtig.

##### Anwendungsbarriere:

- Derzeit nur Labormuster bzw. Prototypen verfügbar.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**6.2.4 Photochrome Schichten**

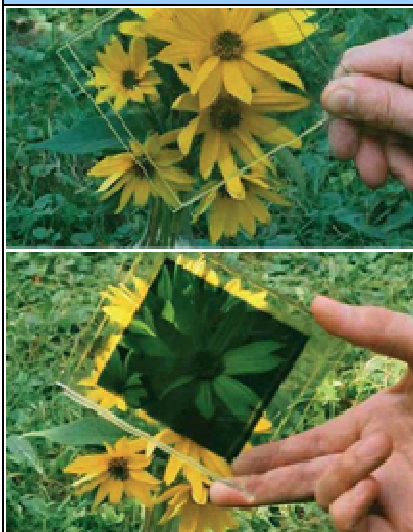


Abbildung 60: Photochromes Glas (Fraunhofer ISE)

Photochrome Gläser verfärben und entfärben sich unter Einfluss der Beleuchtung. Unter Sonneneinstrahlung dunkeln diese Gläser in den Farben grau/braun ein, bleiben jedoch durchsichtig.

Gegenwärtig werden photochrome Gläser vor allem für Sonnenbrillen eingesetzt.<sup>96</sup> Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg hat jedoch auch beschichtete Scheiben entwickelt, die sich bei Bestrahlung automatisch einfärben und im Dunkeln wieder transparent werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Materialien weist die Neuentwicklung des Fraunhofer ISE auch bei hohen Temperaturen einen guten Färbekontrast auf.<sup>97</sup>

Im Gegensatz zu elektrochromen Systemen erfordern photochrome Systeme keine externe Spannungsversorgung und -regelung, da die Sonneneinstrahlung die Energie für das Einfärben liefert (derzeit meist auf Basis der Wellenlängen im UV-Bereich). Die Intensität der Verdunklung der photochromen Gläser hängt von der Intensität der direkten oder indirekten Sonnenanstrahlung ab.

Das Fraunhofer ISE erklärt die Funktionsweise photochromer Systeme folgendermaßen: „Die Basis für das System bilden ein Schichtsystem aus elektrochromem Wolframoxid und eine Farbstoffsolarzelle mit niedriger Farbstoffkonzentration. Unter Beleuchtung werden in der Solarzellenschicht Elektronen angeregt und in das Wolframoxid injiziert. Gleichzeitig werden Kationen aus dem Elektrolyten in die Schicht eingelagert. Dadurch färbt sich das Wolframoxid blau ein. Im Dunkeln führen Rekombinationsreaktionen, die durch den Einsatz von Katalysatoren beschleunigt werden können, zur Entfärbung.“<sup>98</sup>

Die Farbtiefe und die Geschwindigkeit der Entfärbung kann laut Fraunhofer ISE auf die jeweilige Anwendung abgestimmt werden. Erste Muster verringern ihre visuelle (solare) Transmissi- on unter Beleuchtung mit Sonnenlicht von 1000 W/m<sup>2</sup> beispielsweise in 15 min von 60%

(40%) auf 4% (1%). Nach 30 min im Dunkeln sind sie fast vollständig entfärbt. <sup>99</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Für photochrome Fenstersysteme oder Fassaden ist derzeit noch keine Technologie auf dem Markt verfügbar (Angabe 2009). Eine Presseinformation des Fraunhofer ISE Freiburg vom 8. März 2005 stellt den Stand der Forschung vor („Photochrome Systeme auf dem Weg zur architektonischen Anwendung“) vor. <sup>100</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz)

**Vorteile:**

- Auch im verdunkelten/verfärbten Zustand bleiben photochrome Gläser durchsichtig.
- Keine zusätzliche Energiequelle zur Steuerung der photochromen Systeme notwendig.

**Nachteile:**

- Schaltgeschwindigkeit ist temperaturabhängig.
- Mögliche Verdunklung der Scheiben auch bei bewölktem Wetter

**Anwendungsbarriere:**

- Noch keine Verglasungen am Markt für Gebäude verfügbar.

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

**6.2.5 Gas- und hydrochrome Schichten**

Wolframoxid ist die Basis für gaschrome Verglasungen, die eine optische schaltbare Schicht haben. Im Vergleich zu thermochromen/thermotropen Gläsern<sup>101</sup> (siehe auch 6.2.3) behalten gaschrome Gläser ihre Durchsichtigkeit auch im geschalteten Zustand, wobei die charakteristische Färbung im abgedunkelten Zustand tiefblau ist.



Abbildung 61: Gaschromes Fassadensystem ipacontrol von ipane

Standardisoliertglas sorgt dabei für einen ausreichenden Wärmeschutz. Die Einfärbung erfolgt durch eine Einlagerung von Wasserstoffgas in die poröse Wolframoxidschicht. Diese gaschrome Schicht regelt die Lichtdurchlässigkeit und somit den Gesamtenergiedurchlass. Das Wasserstoffgas wird durch den Scheibenzwischenraum zugeführt und benötigt ein Gasversorgungsgerät, das in die Fassade integriert werden kann.

Wird die Schicht mit Sauerstoff überströmt, schaltet sie wieder auf den Ausgangszustand um. Dieser Vorgang

benötigt in Abhängigkeit von der Fassadenfläche ca. fünf Minuten.

#### Weiterführende Informationen:

Die Ansteuerung kann wahlweise manuell oder in naher Zukunft auch über die Integration in ein Bussystem erfolgen.

In Lauenförde wurden Anfang 2002 eine Pilotfertigung und Pilotobjekte für gaschrome Schichten in Betrieb genommen. Die Beobachtungen in Lauenförde zeigen, dass die gaschrome Systeme in Fassaden der Hochhäuser problemlos angewendet werden können (in Gegensatz zu herkömmlichen außenliegenden Verschattungssystemen). Über die Kosten sind bislang noch keine Informationen bekannt (Angabe 2009).

Auf der glasstec 2004 in Düsseldorf hat das Unternehmen Interpane das gaschrome Fassadensystem Ipacontrol präsentiert, das jedoch auf der Website des Unternehmens noch nicht zu finden ist. Der Energiedurchlassgrad kann bei Ipacontrol per Knopfdruck geregelt werden.<sup>102</sup>

Der Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens zum Thema gaschrome Systeme (Laufzeit: 2001 bis 2004) berichtet über „Pilotproduktion und Pilotobjekte für gaschrome Verglasungen“.<sup>103</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz)

##### Vorteile:

- Möglichkeit einer manuellen oder elektrischen Steuerung des Systems.
- Auch bei Sonnenschutzfunktion wird eine ausreichende Tageslichtnutzung und der ein Blick nach draußen gewährleistet.
- Unabhängigkeit von der Witterung (in Unterschied zu beweglichen Sonnenschutzsystemen).

##### Nachteile:

- Ein Gasversorgungsgerät ist notwendig, um Gas in die Scheibenzwischenräume einzuspeisen.
- Je nach Fassadenfläche benötigt das System mehrere Minuten, um den Zustand des beschichteten Glases zu ändern.

##### Anwendungsbarriere:

- Gasversorgung nötig. Idealerweise sollte das Gasversorgungsgerät in die Fassade

|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
|-------------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| integriert werden.            |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>            | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>         | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>             | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>          | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 6.3 Lichtlenkung und Lichtkonzepte

Die positive Auswirkung von Tageslicht auf das menschliche Wohlbefinden ist bekannt. Außerdem ermöglicht der Blick aus dem Fenster eine Entlastung der Augen. Dies sind einige der Gründe, warum Büroarbeitsplätze an Fenstern besonders geschätzt werden. Einige Tageslichtverhältnisse, z. B. hoch stehende Sommersonne, bewirken jedoch Einschränkungen des Sehkomforts, die oft mit Blendung (Direkt- oder Reflexblendung) verbunden sind. Diese kann man zum einen durch eine geeignete Bildschirmordnung verringern. Zum anderen werden technische Lösungen eingesetzt, die der Abschwächung der Tageslichtintensität dienen.

Traditionelle Sonnenschutz-Systeme verändern oft die Farbe des Sonnenlichts. Ein auf diese Weise geschütztes (verdunkeltes) Gebäude benötigt zudem früher Kunstlicht als ein nicht verdunkeltes. Der heutige Stand der Technik ermöglicht jedoch den Schutz von Räumen gegen zu starke Sonneneinstrahlung bei gleichzeitigem Erhalt des Tageslichtspektrums (anstelle einer Farbvariante). Eine solche Lösung bieten Tageslichtumlenksysteme. Wie der Name schon sagt, wird das Tageslicht dabei zur Beleuchtung von Innenräumen bei gleichzeitigem Schutz vor Blendung umgeleitet. Dies geschieht durch Lamellen, die außen vor der Fassade, im Zwischenraum zwischen zwei Glasscheiben oder im Innenraum installiert werden können. Lichtlenkende Lamellen werden bevorzugt in Bürogebäuden, Schulen und Museen eingesetzt.<sup>104</sup>



### 6.3.1 Lichtschwerter

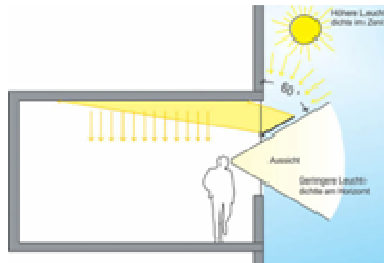


Abbildung 62: Tageslichtlenkung durch Lichtschwerter (www.baunetzwissen.de)

Lichtschwerter (Lightshelves) sind eine mögliche Art der Lichtlenkung mithilfe von Lamellen, die stark reflektierende Oberflächen besitzen. Lichtschwerter werden vor ein Fenster, unterhalb des seitlichen Oberlichtes, im 90- oder 60-Grad-Winkel außen an der Fassade befestigt. Somit trifft das Licht aus dem Zenit auf und kann an die Decke des Innenraumes reflektiert werden. Hierbei wird sowohl die Beleuchtungsstärke in der Raumtiefe als auch die Gleichmäßigkeit der Lichtverteilung im Raum verbessert werden. Durch ihre mangelnde Transparenz senken Lightshelves allerdings das Tageslichtniveau in unmittelbarer Fensternähe, schützen dort aber auch vor hoch stehender Sommersonne.<sup>105</sup>

Lichtschwerter eignen sich sowohl für direktes Sonnenlicht als auch für diffusen Lichteinfall und liefern sogar auf der Nordfassade von Gebäuden eine Raumausleuchtung. Sie sorgen somit im Sommer für den Sonnenschutz und lenken das Licht im Winter tiefer in den Raum.

#### Weiterführende Informationen:

Besonders bei Doppelfassaden ist der Einsatz von Lichtschwertern empfehlenswert. Lichtschwerter werden meistens in Außenbereichen (Bereiche des Oberlichtes) montiert, können jedoch auch im Innenbereich eingesetzt werden.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz / Kunstlicht)

##### Vorteile:

- Bei Lichtschwertern ist eine gute Sicht nach außen gewährleistet.
- Lichtschwerter bieten selbst auf der Nordseite von Gebäuden und bei bewölktem Wetter eine verbesserte Ausleuchtung des Raumes.

##### Nachteile:

- Außen liegende Lichtschwerter müssen oft gereinigt werden.
- Ein Blendschutz ist bei Lichtschwertern nur bei sehr hohen Sonnenständen gewährleistet; für niedrige Sonnenstände wird ein zusätzlicher (beweglicher) Sonnenschutz benötigt.
- Fehlende Dosierungsmöglichkeit bei Lichtschwertern: auf Süd-, West- und Ostfassaden kann es zu Überhitzung und Blendung kommen.

##### Anwendungsbarriere:

- Lichtschutz teilweise nicht ausreichend.



**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**6.3.2 Lichtlenkgläser**

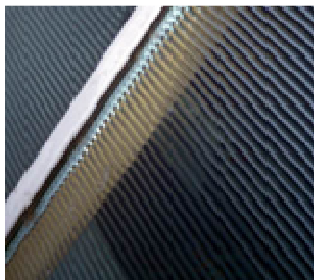


Abbildung 63: Lichtlenkglas in geneigtem Fenster (www.baunetzwissen.de)

Eine Alternative sind so genannte Lichtlenkgläser, eine Technologie, die seit einigen Jahren auf dem Markt ist. Ein Lichtlenkglas ist ein starr im Zwischenraum des Isolierglases installiertes System mit konkav geformten, in regelmäßigen Abständen übereinander liegenden, manchmal verspiegelten Profilen. Durch diese Profile wird Tageslicht über eine Deckenreflexion zur Arbeitsfläche geleitet.

Die durch Lichtlenkgläser erreichten Beleuchtungsstärken sind bei direkt einstrahlender Sonne am höchsten; bei diffusem Himmel lässt sich die Raumausleuchtung mit Lichtlenkglas nur wenig verbessern. Die Sonnenschutzfunktion im Sichtbereich eines Fensters muss von einem zusätzlichen System übernommen werden.

**Weiterführende Informationen:**

Lichtlenkgläser werden z. B. von der Okalux GmbH angeboten.<sup>106</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz / Kunstlicht)

**Vorteile:**

- Wichtige Vorteile eines Lichtlenkglases sind seine Wartungsfreiheit und generelle Dauerhaftigkeit: es kann weder verschmutzen noch durch eine fehlerhafte Bedienung beeinträchtigt werden.

**Nachteile:**

- Lichtlenkgläser bieten keine ausreichende Raumausleuchtung bei diffusem Himmel.



- Zusätzlicher Sonnenschutz im Sichtbereich eines Fensters mit Lichtlenkglas nötig.

**Anwendungsbarriere:**

- Lichtschutz teilweise nicht ausreichend.

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 6.3.3 Außenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit selektiver Lamellenbeschichtung

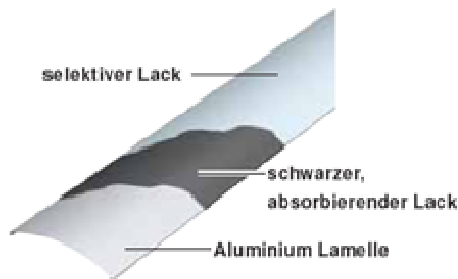


Abbildung 65: Lamellenaufbau

Bei herkömmlichen Raffstores wird die Sonnenstrahlung von den Lamellen fast gleichmäßig über alle Wellenlängen reflektiert. Dadurch gelangt bei geöffneten Lamellen neben dem zur Raumausleuchtung gewünschten sichtbaren Licht auch Infrarot- bzw. Wärmestrahlung in den Raum. Bei dem von Warema entwickelten Raffstore wurde jedoch die Lamellenoberfläche mit einer selektiven Beschichtung überzogen. Diese reflektiert nur das sichtbare Licht, UV- und IR-Strahlung dagegen werden von der Lamelle absorbiert und als Wärme abgegeben. Diese langwellige Wärmestrahlung kann nicht durch die Verglasung dringen und so nicht zur Aufheizung des Raumes beitragen.

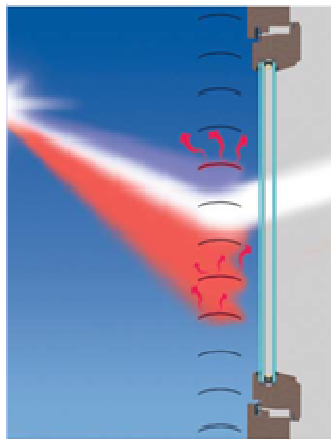


Abbildung 64: Reflektion und Absorption an der Lamellenoberfläche

Um diesen Effekt zu ermöglichen, müssen zwei Schichten auf die Lamelle aus Aluminium aufgetragen werden. Zunächst wird diese mit einem schwarzen, absorbierenden Lack beschichtet, auf den anschließend der selektive Lack aufgebracht wird. Die selektive Schicht ist für UV- und IR-Strahlung nahezu transparent, das sichtbare Licht reflektiert sie jedoch sehr stark. Auf diese Weise gelangt bei geöffneten Lamellen fast nur sichtbares Licht in das Gebäude, das zur Tageslichtversorgung herangezogen werden kann. Nachdem der Großteil der infraroten und ultravioletten Strahlung die selektive Schicht durchdrungen hat, wird die Strahlung von der schwarzen Lackschicht absorbiert und als langwellige Strahlung außerhalb des Raumes abgegeben. „Auf diese Weise kann gegenüber einem herkömmlichen Raffstore in der Farbe Weißaluminium ca. 30% mehr Tageslicht und rund 50% weniger Wärme in das Gebäude gelangen.“<sup>107</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Außenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit selektiver Lamellenbeschichtung werden z.B. von Warema angeboten.<sup>108</sup>

| Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Lösungen)  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Vorteile:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vermeidung von Überhitzung bei gleichzeitiger guter Tageslichtversorgung</li> <li>▪ Energieeinsparung für Kühlung und Beleuchtung</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Regelmäßige Reinigung und Wartung (jährlich)</li> <li>▪ Mögliche Störung des Nutzers durch ständige automatische Anpassung der Lamellen an den Sonnenstand.</li> <li>▪ Aufwändige Entsorgung da Lackschichten von den Lamellen befreit werden müssen</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Notwendigkeit der regelmäßigen Reinigung</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|  |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 6.3.4 Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Retroreflektion

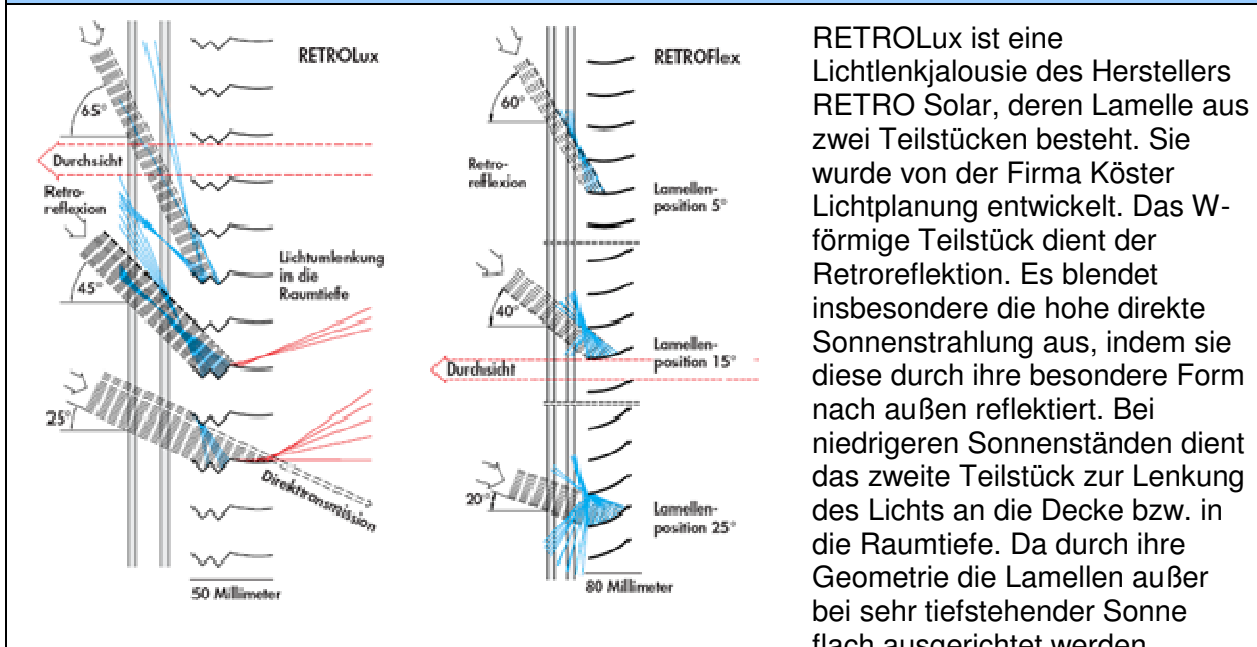


Abbildung 66: Retroreflektion an den Lamellen

RETROLux ist eine Lichtlenkjalousie des Herstellers RETRO Solar, deren Lamelle aus zwei Teilstücken besteht. Sie wurde von der Firma Köster Lichtplanung entwickelt. Das W-förmige Teilstück dient der Retroreflektion. Es blendet insbesondere die hohe direkte Sonnenstrahlung aus, indem sie diese durch ihre besondere Form nach außen reflektiert. Bei niedrigeren Sonnenständen dient das zweite Teilstück zur Lenkung des Lichts an die Decke bzw. in die Raumtiefe. Da durch ihre Geometrie die Lamellen außer bei sehr tiefstehender Sonne flach ausgerichtet werden können, entsteht zum einen eine gute Durchsicht, zu anderen kann

diffuses Licht in den Raum gelangen und zur Raumtiefenausleuchtung beitragen. So können Schutz vor Überhitzung und gleichzeitig eine verbesserte Tageslichtversorgung und Durchsicht erreicht werden.

Ein weiteres Jalousiensonenschutzsystem des Herstellers RETRO Solar nennt sich RETROFlex. Dieses System ist mit einer zahnförmigen, mikrostrukturierten Spiegeloberseite versehen. Mit dieser Spiegeloberfläche (in der Art eines Fresnelspiegel) ist es möglich von außen einfallendes Licht mit einer einzigen Reflektion in den Außenraum zurück zu führen. Die Sonne wird so wie bei einer geschlossenen Spiegellamelle reflektiert, mit dem Unterschied, dass die Jalousie geöffnet bleibt. Es ergeben sich auch bei flacher Einstrahlung der Sonne, relativ flache Lamellenwinkel im Gegensatz zu herkömmlichen Spiegellamellen. Auf diese Weise werden eine gute Durchsicht nach außen und das Einfallen diffuser Lichtstrahlung zur Tageslichtnutzung ermöglicht. Durch das Ausblenden der direkten Sonneneinstrahlung wird gleichzeitig ein guter Blendschutz erreicht.

#### Weiterführende Informationen:

Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsysteme mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Retroreflektion werden z.B. von RETRO Solar angeboten.<sup>109,110</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Lamellensysteme (innen und außen) bzw. einfache Spiegellamelle)

**Vorteile:**

- Einfachere Montage gegenüber außenliegenden Systemen
- Langlebig, da Witterungsgeschützt.
- Kein Ausfall der Systeme durch zu starken Wind.
- Lamellen müssen nicht ständig exakt nach dem Sonnenstand ausgerichtet werden.

**Nachteile:**

- Es dringt mehr Wärme in den Raum als bei außenliegenden Systemen.
- Effektive Anwendung nur in Kombination mit einer Sonnenschutzverglasung.
- Aufwändige Reinigung der gezahnten Mikrostruktur der Lamellen.
- Sonnenschutz behindert das Öffnen des Fensters. Dadurch kann meist das Fenster nicht zur Lüftung herangezogen werden.

**Anwendungsbarriere:**

- Geringer Bekanntheitsgrad/Mehrkosten.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 6.3.5 Innenliegendes Raffstore-/ Jalousiensonenschutzsystem mit lichttechnisch optimierter Lamellengeometrie zur Lichtlenkung

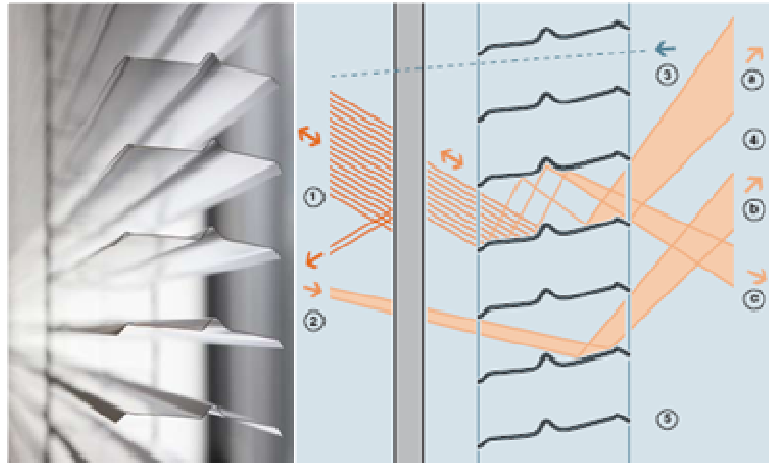


Abbildung 67: Lichtlenkung an den Lamellen

Die Genius-Jalousie, die gemeinsam von der Firma Hüppe Form und dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) entwickelt wurde, unterscheidet sich von herkömmlichen Jalousien vor allem durch seine neue Lamellengeometrie.

Mit dieser Form kann die direkte Sonnenstrahlung weitestgehend nach außen reflektiert werden und reduziert so die Wärmeeinstrahlung in einem hohen Maß. Der geringe nach innen reflektierte Teil wird von der lichtgrau lackierten

Lamellenunterseite diffus an den Innenraum abgegeben und reduziert damit unerwünschte Blendeffekte. Die durch die direkte Sonneneinstrahlung mögliche Blendung wird dadurch ausgeschaltet, dass die direkt angestrahlte Fläche der Lamellen aufgrund ihrer Geometrie nicht im Blickfeld des Betrachters liegt.

Diffuses Tageslicht, das auf die Jalousie trifft, wird von der weiß lackierten, hochreflektierenden Oberfläche (über 90% Reflektionsgrad) an die Decke gelenkt. Von dort wird es in den Raum geleitet und stellt eine gute Tageslichtversorgung des Raumes, zumindest bei ausreichender Außenhelligkeit, sicher. Wegen der guten Hitze- und Blendschutzeigenschaften der Genius-Lamelle kann die Lamelle wesentlich flacher eingestellt werden als bei herkömmlichen Jalousien und sorgt so für eine gute Sichtverbindung des Nutzers nach außen und dafür, dass die Lamellen weniger stark dem Sonnenstand angepasst werden müssen. Zusammenfassend ergibt sich also bei der Genius-Lamelle ein gutes Zusammenspiel zwischen den vier wichtigen Funktionen des Sonnenschutzes: Hitzeschutz, Blendschutz, Tageslichtversorgung und Sichtverbindung nach außen.

#### Weiterführende Informationen:

Die Genius-Jalousie wird z.B. von Warema angeboten.<sup>111,112</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Einfache Lamelle)

**Vorteile:**

- Lamellen müssen nicht exakt dem Sonnenstand ausgerichtet werden
- Langlebig, da Witterungsgeschützt
- Kein Ausfall der Systeme durch zu starken Wind
- Einfache Montage
- Einfach zu Reinigen, da glatte Oberfläche und keine kleine Rillen

**Nachteile:**

- Bei Entsorgung muss die Beschichtung der Lamellen aufwändig entfernt werden
- Es dringt mehr Wärme in den Raum als bei außenliegenden Systemen
- Nur in Kombination mit einer Sonnenschutzverglasung

**Anwendungsbarriere:**

- Die Vorteile sind wenig bekannt

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |



### 6.3.6 Außenliegendes Markisensonnenschutzsystem aus lichttechnisch optimierten Edelstahlprofilen zur Lichtlenkung

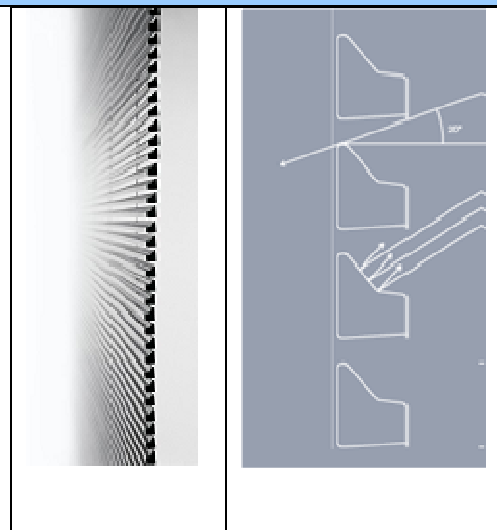


Abbildung 68: Lichtlenkung an den Edelstahlprofilen

Dieser außenliegende Sonnenschutz wurde von Clauss Markisen zusammen mit dem Fraunhofer ISE entwickelt. Der Behang setzt sich aus kompakten, mehrfach gekanteten Profilen aus Edelstahl zusammen. Durch Anordnung dieser 5mm hohen Profile im Abstand von je 1,4mm konnte ein sehr transparentes Erscheinungsbild und somit für den Nutzer eine gute Durchsicht nach draußen erzielt werden. Gleichzeitig wird die direkte Sonneneinstrahlung durch die spezielle Form ab einem Einfallswinkel von mehr als 20 Grad komplett vermieden und verhindert so ein Aufheizen des Gebäudes vor allem im Sommer. Das einfallende Licht wird teilweise reflektiert, absorbiert und durch die Profildform nach innen an die Decke umgelenkt. Dieser nach innen umgelenkte Teil ermöglicht trotz geschlossenen Behangs eine Versorgung des Raumes mit blendfreiem Tageslicht. Dank der guten Sonnenschutzwirkung kommen nur noch 5 bis 7% der auftreffenden Solarenergie im Innern des Gebäudes an.

Aufgrund der Gestaltung und Anordnung der Profile konnte nach Herstellerangaben ein Optimum zwischen Kontakt zur Außenwelt und Energiereduzierung erreicht werden.

Zudem sind die gekanteten Edelstahlprofile wesentlich windstabiler als herkömmliche Jalousien oder Stoffbehänge und können auch bei hohen oder windexponierten Gebäuden eingesetzt werden.

#### Weiterführende Informationen:

Außenliegende Markisensonnenschutzsysteme aus lichttechnisch optimierten Edelstahlprofilen zur Lichtlenkung werden z. B. von Clauss Markisen GmbH angeboten.<sup>113</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliches Markiesensystem, ohne Sonnenschutz/ Lichtoptimierung)

##### Vorteile:

- Sehr Windstabil (bis Windgeschwindigkeiten von 90 km/h)
- Keine Nachführung nach dem Sonnenstand notwendig
- Geringer Wartungs- und Reinigungsaufwand
- Langlebig da Behang aus Edelstahl

##### Nachteile:

- Aufwändige Montage

**Anwendungsbarriere:**

- Höherer Preis (für Material und Herstellung).

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**6.3.7 Sonnen- und Blendschutz im Scheibenzwischenraum**

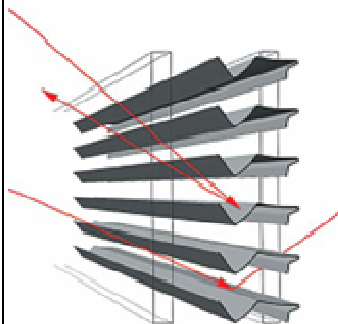


Abbildung 69: Lichtlenkende Fassade im Scheibenzwischenraum (www.koesterlichtplanung.de)

Jalousien im Scheibenzwischenraum sind bei so genannten Zweite-Haut-Fassaden möglich. Zweite-Haut-Fassaden haben an der Außenseite eine Einfachglasscheibe und innen eine Doppelglasscheibe. Einen Klimapuffer zwischen dem Außen- und Innenklima bildet der mit Luft gefüllte Zwischenraum. Dieser wird jedoch nicht mechanisch belüftet. In den Zwischenraum können Vorrichtungen zur Regulierung des Sonnen- und Tageslichts eingebaut werden. Der Sonnenschutz kann dabei auch in großer Höhe angebracht werden, da er keinen mechanischen Gefahren wie Wind und Regen ausgesetzt wird.<sup>14</sup>

Jalousien im Scheibenzwischenraum sind kaum schmutzanfällig; eine Reinigung wird damit überflüssig. Der Montageaufwand der Jalousien ist gering, da die Jalousien direkt in die Isolierglaseinheit montiert werden.

**Weiterführende Informationen:**

Jalousien können in normale dreh- und kippbare Fenster eingebaut werden. Sogar der Einsatz in Dachschrägen ist möglich.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz / Kunstlicht)

**Vorteile:**

- Sehr geringer Pflegeaufwand
- Die Lebensdauer der Sonnenschutz-Systeme ist nicht vom Wetter abhängig

**Nachteile:**

- Die optimale Leitung des Lichtes in die Raumtiefe bei gleichzeitigem Blendschutz in den fensternahen Bereichen ist noch schwierig.

**Anwendungsbarriere:**

- Derzeit noch technische Schwierigkeiten.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

**6.3.8 Prismensysteme**

Abbildung 70: Bewegliches Prismensystem bei der Hauptverwaltung der Sparkasse Fürstenfeldbruck ([www.siteco.de](http://www.siteco.de))

Glasprismen oder Acrylglaspaneele in Verbundglas können feststehend vor der Fassade, als Isolierglasfenster oder bewegliche Lamellen verbaut werden. Je nach Anordnung und Sonnenstand können bestimmte Winkel ausgeblendet oder in den Raum gelenkt werden. Um für jede Tageszeit und Witterung die optimale Wirkung zu erhalten, können diese Systeme dem Sonnenstand nachgeführt werden.

Bewegliche Prismensysteme bestehen aus unverspiegelten Prismenplatten, die Licht, das senkrecht zur Längsrichtung der Prismenstruktur auftrifft, reflektieren (Totalreflexion). Das aus den übrigen Richtungen auftreffende diffuse Tageslicht wird weitgehend ungehindert durchgelassen. Das Prinzip der Totalreflexion funktioniert nur in einem sehr engen Bereich. Eine Nachführung der Lamellen zur Sonne hin in ihrer Längsachse ist daher notwendig. Bei bedecktem Himmel wird das Prismelement in eine horizontale Position gefahren, um ein Maximum an diffusem Tageslicht in den Innenraum zu lenken.

Die Sonnenschutzwirkung von stationären Prismensystemen beruht auf dem richtungsabhängigen Reflexions- und Transmissionsverhalten der Systeme, die einen definierten Sperr- und Durchlassbereich aufweisen.

Der Sperrbereich ist so ausgelegt, dass direktes Sonnenlicht aus allen Richtungen nach außen reflektiert wird. Gleichzeitig wird ein Maximum an diffusem Tageslicht in den Innenraum durchgelassen. Stationäre Prismensysteme müssen entsprechend den baulichen und geografischen Gegebenheiten optimal ausgerichtet werden.<sup>115</sup>

**Weiterführende Informationen<sup>116</sup>:**

Technische Daten stationärer Prismensysteme:

|  |   |
|--|---|
| Abmessungen des Prismenelements  | 310x750x12 mm   |
| Gesamtenergiedurchlassgrad   | $g = < 15\%$  |
| Lichttransmission<br>- in Sonnenschutzfunktion<br>- in horizontaler Position | $\tan = > 54\%$<br>$\tan = 74\%$  |
| Scheibenzwischenraum   | SZR = 20 mm   |
| Gesamtenergiedurchlassgrad   | $g = 15\%$  |
| Lichttransmission gerichtet  | TaH = 5 - 55%   |
| diffus   | TaH = 38%   |
| Farbwiedergabeindex  | Ra = 97   |
| Wärmedurchgangszahl  | $U = 1,1 - 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$                                       |
| Max. Abmessungen:  | ca. 1,80 x 3,00 m bzw. ca. 1,20 x 3,50 m<br>Größere Abmessungen auf Anfrage |

Außer den stationären Prismensystemen wie im oben aufgeführten Beispiel gibt es eine Vielzahl flexibler Prismensysteme aus unterschiedlichen Materialien, die verschiedenen Anwendungsbereichen und Nutzerwünschen entsprechen.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz / Kunstlicht)

**Vorteile:**

- Vielfalt der Formen von Prismensystemen aus unterschiedlichen Materialien bieten zahlreiche Gestaltungsmöglichkeiten.
- Flexible Prismensysteme können an den Sonnenstand angepasst werden, so dass eine optimale Beleuchtung zur jeder Tages- bzw. Jahreszeit gewährleistet werden.

**Nachteile:**

- Blick aus dem Fenster wird teilweise eingeschränkt, besonders bei feststehenden Systemen.

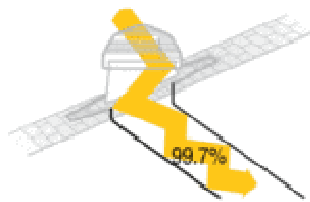
**Anwendungsbarriere:**

- Einschränkung der Sicht.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**6.3.9 Prismenkuppel**



Über eine Prismenkuppel, die eine wesentlich höhere Oberfläche gegenüber flachen Dachfenstern bietet wird Sonnenlicht eingefangen. Speziell bei flacher und diffuser Sonneneinstrahlung kann so mehr Sonnenlicht eingefangen werden. Mittels einer mehrschichtigen Polymer-Oberfläche wird das Sonnenlicht in ein Rohr umgelenkt in welchem es durch das Dach geleitet wird. Starkes

Abbildung 71: Tageslichtversorgung durch eine angehängte Decke

Sonnenlicht in der Mittagszeit dagegen wird abgelenkt. So wird eine Gleichmäßigkeit des Tageslichts über den ganzen Tag gewährleistet. In dem Rohr kommen hochreflektierende Materialien zum Einsatz, die einen Reflexionsgrad von bis zu 99,7 % besitzen und so das Licht über eine Distanz bis 9m leiten können. Zusätzlich kann eine Schmetterlingsklappe eingebaut werden, mit welcher sich der Lichteinfall auf die gewünschte Stärke verändern lässt.

**Weiterführende Informationen:**

Hersteller dieses Systems ist die Firma Interferenz ([www.interferenz.de](http://www.interferenz.de)).

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Dachfenster / Kunstlicht)

**Vorteile:**

- Leiten des Lichts an Stellen, die keinen direkten Zugang zum Dach haben
- Es wird mehr Licht in den Raum geleitet als bei Oberlichter oder Dachfenster
- Im Gegensatz zu Dachfenstern und Dachkuppeln dringt kaum solare Strahlung in den

|  |               |          |                |          |              |          |               |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|
| Raum, dadurch Vermeidung von Überhitzung bei gleichzeitiger guter Tageslichtversorgung |               |          |                |          |              |          |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Tageslicht kann gedimmt werden</li> </ul>       |               |          |                |          |              |          |               |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Keine bekannt</li> </ul>                        |               |          |                |          |              |          |               |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Investitionskosten</li> </ul>                   |               |          |                |          |              |          |               |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |

### 6.3.10 Sonnenschutz-Mikroraster



Abbildung 72: Sonnenschutz-Mikroraster (www.siteco.de)

Sonnenschutz-Mikroraster reflektieren das direkte Sonnenlicht nach außen und lassen das aus den übrigen Richtungen auftreffende diffuse Tageslicht hindurch. Dabei wird die Sonnenwärme vom Innenraum abgehalten, die Blendwirkung der Sonne verringert und gleichzeitig ein Maximum an diffusem Tageslicht in den Innenraum durchgelassen.

Mikroraster sind hochglanzverspiegelte Raster, die auf die auftretenden Sonneneinfallswinkel hin dimensioniert sind.<sup>117</sup> Die Raster sind feststehend und in Isolierglas integriert. Der Sperr- bzw. Durchlassbereich des Rasters bezogen auf den Tageslichthalbraum ergibt sich einerseits durch die spezielle Formgebung und wird andererseits durch die genaue Ausrichtung (Verdrehung) des Rasters gegenüber den Sonnenbahnen erreicht.<sup>118</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Sonnenschutz-Mikroraster sind auf dem Markt erhältlich, beispielsweise von Siteco<sup>119</sup>.

Technische Daten der Siteco Sonnenschutz-Mikroraster:

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Scheibenzwischenraum        | SZR = 24 mm                              |
| Gesamtenergiedurchlassgrad  | g = 14%                                  |
| Lichttransmission gerichtet | TaH = 5 - 55%                            |
| diffus                      | TaH = 38%                                |
| Farbwiedergabeindex         | Ra = 97                                  |
| Wärmedurchgangszahl         | U = 1,1 - 1,7 W/m <sup>2</sup> K         |
| Max. Abmessungen:           | ca. 2,20 x 3,00 m bzw. ca. 1,50 x 4,00 m |
|                             | Größere Abmessungen auf Anfrage          |

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz / Kunstlicht)

**Vorteile:**

- Sonnenschutz-Mikroraster ermöglichen Verschattung bei gleichzeitiger Durchlässigkeit von Tageslicht.

**Nachteile:**

- Die Winkel der Verschattung müssen für den jeweiligen Einsatzort einzeln angepasst werden.
- Hohe Herstellungskosten, die für den Prozess der Verarbeitung der Mikroraster entstehen. Weitere hohe Herstellungskosten werden durch die Notwendigkeit der individuellen Anpassung verursacht.

**Anwendungsbarriere:**

- Hohe Investitionskosten.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 6.4 Transparente, transluzente Materialien in der Gebäudehülle

Transparente oder transluzente Materialien in der Gebäudehülle werden in der Architektur verstärkt für dekorative Effekte eingesetzt. Insbesondere die Nutzung von Nanobeschichtungen ermöglicht neue Farb-/Gestaltungseffekte. Dichroitisch beschichtete Gläser stellen in diesem Bereich ein Beispiel dar, durch welches Gläser mit intensiver Farbausstrahlung hergestellt werden können.

### 6.4.1 Dichroitische Beschichtung von Gläsern

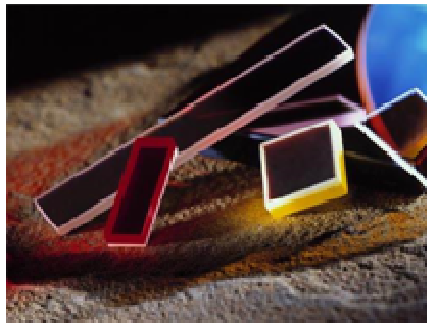


Abbildung 73: Dichroitisch beschichtetes Glas  
([www.lasercomponents.com](http://www.lasercomponents.com))

Dichroitische Gläser reflektieren Teile des Sonnenspektrums und transmittieren den verbleibenden Teil. Im Unterschied zu elektro- oder photochromen oder thermotropen Gläsern findet bei dichroitisch beschichteten Gläsern keine Absorption von Sonnenlicht statt. Die Farbe ändert sich mit dem Betrachtungswinkel und dem Einstrahlungsspektrum, der Farbeffekt ist sehr intensiv. Eine Veränderung des Betrachtungswinkels führt zu einer Veränderung der Farbe, nicht aber der Intensität. Der Vorteil dichroitischen Beschichtungen ist damit auch die hohe Farbintensität.

Dichroitisches Glas kann zur Fassadengestaltung oder zur Verschattung für Einfach- oder Mehrfachverglasung eingesetzt werden.

#### Weiterführende Informationen:

Dichroitische Beschichtungen von Gläsern werden von mehreren Herstellern auf dem Markt angeboten. Eine Übersicht findet sich im Internetportal Innovationsreport.<sup>120</sup> Dichroitische Gläser finden ihre Anwendung auch in der Innenausstattung der Räume, wo sie für verschiedene Farb- und Lichteffekte sorgen.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Externer Sonnenschutz/ Folienbeschichtung/ Kunstlicht)

##### Vorteile:

- Hohe Farbintensität bietet verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten.

##### Nachteile:

- Hohe Anschaffungskosten im Vergleich zu Folienbeschichtungen.
- Eingeschränkte Flexibilität, da nachträgliche Änderungen derzeit nicht möglich sind.



**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 6.5 Wärmedämmung transparenter Bauteile

Durch das kontinuierliche Wachstum der Fensterfläche in Gebäuden steigt auch die Relevanz der Wärmedämmung transparenter Bauteile. Insbesondere bei wärmetechnischen Renovierungen sind die Fenster bzw. die Fassaden in vielen Fällen der erste Ansatzpunkt. Ressourceneffiziente Systeme umfassen daher sowohl neue Technologien für Verglasungen als auch Fassadensysteme die intelligente Steuerungen oder Verschattungen enthalten.

Im Folgenden werden die Technologien des Vakuumisolierverglases, Glasfaserverbund Kunststoff im Fensterbau, Doppelfassadensysteme, Dreifach-Isolierverglasung sowie transparente Wärmedämmung dargestellt.

#### 6.5.1 Vakuumisolierverglasung (VIG)



Vakuumisolierverglaser nutzen ein Vakuum statt Edelgase zur Isolierung von Glasfassaden. Der Systemaufbau eines Vakuumisolierverglases ist wesentlich schlanker als bei den üblichen Zwei- oder Dreifachverglasungen. Trotzdem besitzt Vakuumisolierverglasung einen höheren Gesamtenergiedurchlassgrad, was für den Einfall von Tageslicht besonders positiv ist.

Herausforderungen für die Herstellung und den Einsatz von Vakuumisolierverglasung sind die nachhaltige Schaffung des Vakuums sowie der Herstellungsprozess. Neue Technologien müssen für die Abstandshalter, die Vakuumerzeugung und die Randabdichtung entwickelt werden.

Abbildung 74: Blick durch ein Vakuumisolierverglasung  
 (www.detail.de)

**Weiterführende Informationen:**

Der Scheibenaufbau kann weniger als 9mm dick sein, was das Gewicht entsprechend reduziert.

Die voraussichtlichen Isolationswerte liegen bei ( $U \sim 0,5-1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Vakuumisoliertes Glas ist in Japan bereits auf dem Markt erhältlich, der Zeitpunkt für die Markteinführung in Europa ist nicht abzuschätzen.

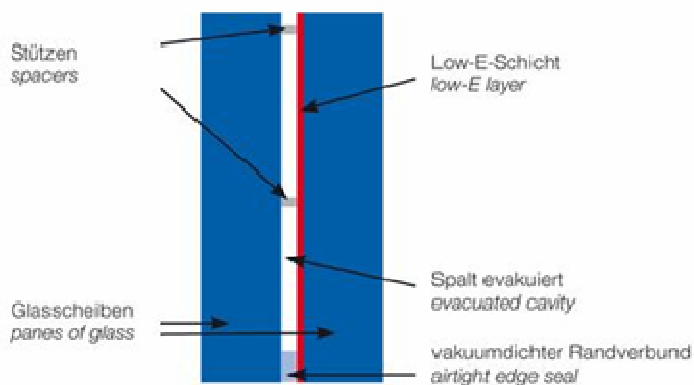


Abbildung 75: Schematischer Aufbau von Vakuumisoliertes Glas. <sup>121</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Standardfenster)

**Vorteile:**

- Geringes Gewicht
- Gute Isolierwerte, geringe Wärmeleitfähigkeit und hohe Schallisolation bei sehr geringer Dicke

**Nachteile:**

- Durch das Vakuum entsteht ein hoher Druck auf die Scheiben was zu einer stärkeren Materialbeanspruchung führt
- Momentan noch Probleme mit den Abstandshaltern: Zu große Abstandshalter werden sichtbar, zu kleine erzeugen zu große Spannungen im Glas

**Anwendungsbarriere:**

- Technische Probleme (Abstandshalter)



**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 6.5.2 Glasfaserverbund-Kunststoff (GFK) im Fensterbau

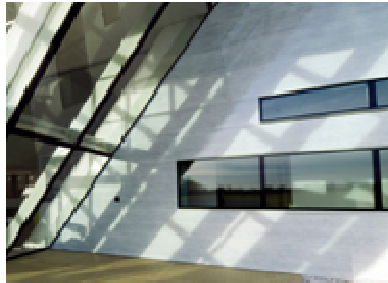


Abbildung 76: Fiberline Fassadenelement aus Glas und GFK (www.deutsche-handwerker.info)

Glasfaserverbund-Kunststoff, kurz GFK, ist ein Verbund aus einem Kunststoff (z. B. Polyesterharz, Epoxidharz oder Polyamid) und Glasfasern. Er ist der am häufigsten eingesetzte langfaserverstärkte Kunststoff.<sup>122</sup> GFK ist umgangssprachlich auch als Fiberglas bekannt.

Durch den Verbund von Glas und aufgeklebten GFK-Profilen entstehen "selbsttragende" Glasbauelemente mit hoher Festigkeit und Steifigkeit, selbst bei großflächigen und extrem dünnen Scheiben. Die Trag- und Rahmenkonstruktionen fallen dabei optisch kaum auf. Außerdem erhält man durch das Verkleben von Isolierglasscheiben und GFK-Profilen Bauteile mit einheitlichem Wärmeausdehnungsverhalten.

Wärmebrücken und Kondenswasserbildung sind durch die niedrige Wärmeleitfähigkeit bei GFK-Verbundsystemen kein Problem.<sup>123</sup>

Der große Vorteil von glasfaserverstärkten Kunststoffen liegt vor allem in dem günstigen Verhältnis von Zugfestigkeit zu Eigengewicht.

Die schlechte Wärmeleitfähigkeit macht auch Konstruktionen möglich, bei denen die tragende Struktur die thermische Hülle durchdringt oder in derselben Ebene liegt. Zusätzlich ermöglichen die ähnlichen Temperaturdehnzahlen den direkten statischen Verbund mittels Verklebung. Weitere Vorteile sind die hohe Korrosionsbeständigkeit und die vergleichsweise leichte Bearbeitbarkeit. Die relativ geringe Steifigkeit empfiehlt GFK dagegen nicht für Konstruktionen, bei denen eine große Schlankheit gefordert wird.<sup>124</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Das Gewicht von Fenstern kann durch den Einsatz von GFK um ca. 25% gesenkt werden.

Innovative GFK-Glas-Lösungen bietet das dänische Unternehmen Fiberline Composites an. 2008 erhielt Fiberline Composites den ersten Preis der Sparte Architektur beim Innovationspreis Fenster Fassade, für ein Fassadenelement aus Glas und GFK mit kaum sichtbarer, hochisolierender Tragstruktur und hoher Festigkeit (siehe auch Bild oben).<sup>125</sup>

Der Verbund von GFK und Glas ist auch ein zentrales Forschungsthema des Instituts für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen (ITKE) an der Universität Stuttgart<sup>126</sup>. Ein Verbundsystem für großflächige Verglasungen, das vom ITKE in Zusammenarbeit mit Fiberline Composites entwickelt wurde, wurde auf der Münchener BAU 2005 vorgestellt. Das System wurde anhand einer 8 m hohen Glasfassade gezeigt, die von außen – so Lars Petersen von Fiberline Composites – wie eine scheinbar endlose Glasfläche wirkte. Von innen waren keine breiten Rahmen oder Träger zu sehen, die Verstärkungsprofile waren schmal (15 mm) und zudem durchsichtig.<sup>127</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Standardfenster)

##### Vorteile:



- Erhöhte Wärmedämmung im Vergleich zu Metall
- Filigranere Formgebung mit einem erhöhten Freiheitsgrad (im Vergleich zu Metall)
- Gewichtseinsparungen im Vergleich zu herkömmlichen Werkstoffen
- Möglichkeit, Kältebrücken durch den Einsatz von GFK zu vermeiden

**Nachteile:**

- Hohe Kosten, die durch relativ aufwändige Verarbeitung von GFK entstehen
- Entsorgung von GFK (Verbund von Glasfasern mit verschiedenen Kunststoffen)

**Anwendungsbarriere:**

- Hohe Verarbeitungs- und Entsorgungskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 6.5.3 Doppelfassaden

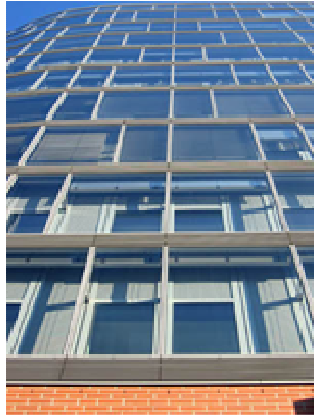


Abbildung 77: Fassaden-ausschnitt einer Doppelfassade, Bürogebäude am Potsdamer Platz, Berlin  
(www.baunetzwissen.de)

Doppelfassaden sind in eine Primär- und Sekundärfassade aufgeteilt. Die Primärfassade dient dabei zur direkten Wärmedämmung, die Sekundärfassade (äußere Fassade) dient zur Aufnahme von Umwelteinwirkungen und zur Nutzung von Solarenergie.

Doppelfassaden ermöglichen neue Klima- und Belüftungskonzepte. Sie können den Wärmeverlust im Winter verringern (vgl. Prinzip des Wintergartens). Die natürliche Belüftung des Fassadenzwischenraums erzeugt zudem einen Klimapuffer, der die Frischluftzufuhr zu allen Büros weitgehend sicherstellt, ohne die Probleme, die bei der üblichen Voll-Klimatisierung auftreten (Lärm, Zugluft). Der Energiebedarf wird deutlich reduziert; die Nebenkosten können um bis zu 70 % gegenüber der herkömmlichen Vollklimatisierung gesenkt werden.<sup>128</sup>

Doppelfassaden-Konzepte sind schon seit längerer Zeit im Einsatz. Ihre Bedeutung hat jedoch im Rahmen der gegenwärtigen Energie-Effizienz-Debatte in vielen Ländern noch zugenommen.

#### Weiterführende Informationen:

Anbieter von Doppelfassaden-Systemen sind beispielsweise die Josef Gartner GmbH<sup>129</sup> und die Lacker AG<sup>130</sup>.

Man unterscheidet Pufferfassaden, Ablufffassaden und Zweite-Haut-Fassaden:<sup>131</sup>

- Bei Pufferfassade bildet die zweite, äußere Fassade eine Zwischentemperaturzone zur Verbesserung des Wärmeschutzes im Winter („stehende Luftschicht“). Sie eignen sich vorwiegend für nordorientierte Fassadenflächen.
- Ablufffassaden bestehen außen aus einer Isolierverglasung ohne Fensteröffnungen; innen wird meist eine Einfachverglasung eingesetzt. Ablufffassaden bieten gute Schallschutzeigenschaften und eignen sich besonders gut für Umgebungen mit hohen Belastungen durch Wind und Schadstoffemissionen.
- Bei Zweite-Haut-Fassaden wird durch eine nicht-tragende, vorgehängte Verglasungsebene eine Zwischenzone geschaffen, aus der über Fenster, die sich öffnen lassen, Frischluft zugeführt werden kann. Durch Zweite-Haut-Fassaden können auch in windexponierten, emissionsbelasteten Bereichen Fenster, die sich öffnen lassen, eingesetzt werden. Eine Vollklimatisierung ist meist nicht mehr nötig.<sup>132</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Fassaden)

##### Vorteile:

- Verbesserter Schallschutz (außen)
- Möglicher Schutz von im Zwischenraum liegenden Sonnenschutzvorrichtungen
- Natürliche Belüftung der Arbeitsplätze (Möglichkeit der Nachtkühlung)

|  |                           |           |                |           |              |              |               |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|--|---------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------|--------------|---------------|--------------|--|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Verringerter Durchzug bei geöffneten Fenstern</li> <li>Reduzierung des Wärmebedarfs im Winter</li> </ul>  |                           |           |                |           |              |              |               |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <p><b>Nachteile:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Höhere Investitionskosten als bei einfacher Verglasung</li> <li>Höhere Betriebskosten, insbesondere bei der Reinigung</li> <li>Größeres Bauvolumen</li> <li>Luftwechsel bei offenen Fenstern bei Windstille niedriger</li> <li>Höhere Schallübertragung zwischen benachbarten Räumen bei geöffneten Fenstern</li> </ul>  |                           |           |                |           |              |              |               |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <p><b>Anwendungsbarriere:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Investitions- und Reinigungskosten.</li> <li>Schallübertragung (innen)</li> </ul>  |                           |           |                |           |              |              |               |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <p><b>Relative Einschätzung:</b></p> <table border="1"> <tr> <td><b>Investitionskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">sehr niedrig</td> </tr> <tr> <td><b>Lebensdauer</b></td> <td>&lt;2 Jahre</td> <td>&lt;5 Jahre</td> <td>10 Jahre</td> <td>15 Jahre</td> <td>20 Jahre</td> <td>30 Jahre</td> <td>40 Jahre</td> <td>&gt;50 Jahre</td> </tr> <tr> <td><b>Betriebskosten</b></td> <td colspan="2">sehr hoch</td> <td colspan="2">eher hoch</td> <td colspan="2">eher niedrig</td> <td colspan="2">keine</td> </tr> <tr> <td><b>Marktreife</b></td> <td colspan="2">Forschung</td> <td colspan="2">Pilotumsetzung</td> <td colspan="2">Kleinserien</td> <td colspan="2">Massenprodukt</td> </tr> <tr> <td><b>Marketingwert</b></td> <td colspan="2">sehr schlecht</td> <td colspan="2">eher schlecht</td> <td colspan="2">eher gut</td> <td colspan="2">sehr gut</td> </tr> </table> | <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |                | eher hoch |              | eher niedrig |               | sehr niedrig |  | <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre | <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  | <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  | <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch                 |           | eher hoch      |           | eher niedrig |              | sehr niedrig  |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre                  | <5 Jahre  | 10 Jahre       | 15 Jahre  | 20 Jahre     | 30 Jahre     | 40 Jahre      | >50 Jahre    |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch                 |           | eher hoch      |           | eher niedrig |              | keine         |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung                 |           | Pilotumsetzung |           | Kleinserien  |              | Massenprodukt |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht             |           | eher schlecht  |           | eher gut     |              | sehr gut      |              |  |                    |          |          |          |          |          |          |          |           |                       |           |  |           |  |              |  |       |  |                   |           |  |                |  |             |  |               |  |                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 6.5.4 Dreifach-Isolierverglasung

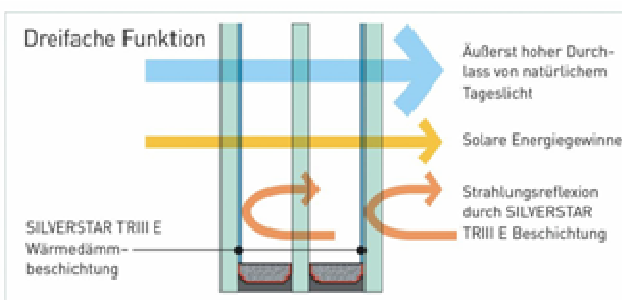


Abbildung 78: Funktionsweise einer Dreifach-Isolierverglasung

In der Dreifach-Isolierverglasung werden drei Gläser durch zwei gasgefüllte Scheibenzwischenräume getrennt. Die Trennung der Zwischenräume wird durch thermisch isolierende Abstandhalter gewährleistet.

Mit Dreifach-Isolierverglasung können U-Werte bis ca. 0,5 erreicht werden (Angabe für Dreifach-Isolierverglasung mit Verwendung von Argon in den Scheibenzwischenräumen). Dieser Wert ist höher als bei zweifachen Verglasungen mit

größeren Scheibenzwischenräumen, was zu einer stärkeren Belastung des Glas-Rand-Verbundes führt.

Trotz der doppelten Beschichtung lassen Dreifach-Isolierverglasungen im Schnitt noch rund 75 % des Tageslichts zum Innenraum durch.

#### Weiterführende Informationen:

Dreifach-Isolierverglasungen sind auf dem Markt erhältlich, jedoch noch erheblich teurer als herkömmliche Lösungen. Beispiel für eine Weiterentwicklung ist die Integration von Solarwaben im äußeren Zwischenraum die zur Stromerzeugung und zur Verschattung bei hohen Sonnenständen genutzt werden.

Die „Floatgläser“ der Firma Euroglas ([www.euroglas.com](http://www.euroglas.com)) zeichnen sich durch eine hohe Transparenz und Farbneutralität aus. Ein Vorteil, der besonders an Wintertagen zum Tragen kommt. Ein weiterer Anbieter von Dreifach-Isolierverglasungen ist die Firma Glas Trösch ([www.glastroesch.de](http://www.glastroesch.de)). Ihr Produkt „Silverstar TRIII E“ ist mit einer Wärmedämmbeschichtung versehen und erreicht einen Ug-Wert von bis zu 0,6 W/m<sup>2</sup>K, sowie einen g-Wert von bis zu 64 %. Bei den Silverstar TRIII E Verglasungen muss insbesondere die geografische Lage, die Größe der Fenster, die Raumfunktionen, die Himmelsausrichtung und der Einfluss von natürlichen oder technischen Verschattungen berücksichtigt werden; die Ug- und g-Werte können individuell angepasst werden.<sup>133</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Standardfenster)

##### Vorteile:

- Hohe Wärmedämmwirkung.
- Gute Schallschutzeigenschaften.
- Sonnenschutzeigenschaften, die sich aus einer Veränderung der Licht- und Strahlungseigenschaften im Vergleich zu zweischiebigen Isoliergläsern ergeben.

##### Nachteile:

- Hoher Preis der hochwertigen Dreifachverglasungen im Vergleich zur zweifachen Verglasung.
- Eingeschränkte Verfügbarkeit der entsprechenden Gase (Krypton oder Xenon). Als Ersatz wird Argon verwendet, wodurch jedoch nicht die gleichen Dämmwerte erreicht werden können.
- Verstärkter „Doppelscheibeneffekt“ im Vergleich zu Zweischiebensystemen (konkave/konvexe Wölbung der Einzelscheiben).
- Erhöhtes Gewicht (Einfluss auf den Einbau und die Beanspruchung von Scharnieren und Gelenken).

##### Anwendungsbarriere:

- Hohe Investitionskosten.





**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

## 6.6 Energieabsorption und Energireflexion von Oberflächen

### 6.6.1 Reflektierende Anstriche

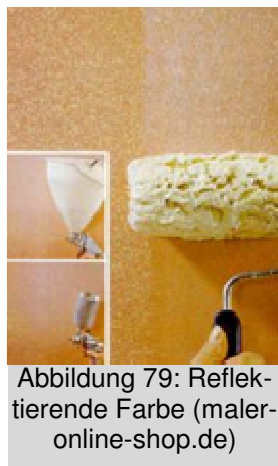


Abbildung 79: Reflektierende Farbe (maler-online-shop.de)

Die Notwendigkeit einer Verbesserung der Lichtreflexion ist auch (und vor allem) in den Gebäudeteilen gegeben, die wenig Lichteinfall haben. So könnte beispielsweise eine verbesserte Lichtreflexion in Tiefgaragen ein großes Potenzial zur Energieeinsparung bieten. Eine ähnliche Situation besteht in Bürogebäuden, in denen Räume tief im Inneren beleuchtet werden sollen.

Um eine optimale Reflexion des (natürlichen) Lichtes zu erhalten, muss insbesondere die Decke weiß sein und/oder reflektierende Elemente beinhalten.

#### Weiterführende Informationen:

Reflektierende Anstriche für Innenräume werden von verschiedenen Herstellern angeboten (z. B. Fa. Merck).

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Kunstlicht)

##### Vorteile:

- Reduktion von Stromverbrauch und dadurch großes Sparpotenzial in Gebäudeteilen mit geringer Beleuchtung.

##### Nachteile:

- Hohe Investitionskosten

##### Anwendungsbarriere:

- Reflektiert u. U. Schall
- Kompatibilität mit anderen ästhetischen Lösungen im Raum.



**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

## 7 Themenfeld 7: Gebäudeautomation

### 7.1 Wärme

#### 7.1.1 Einzelraumregelung

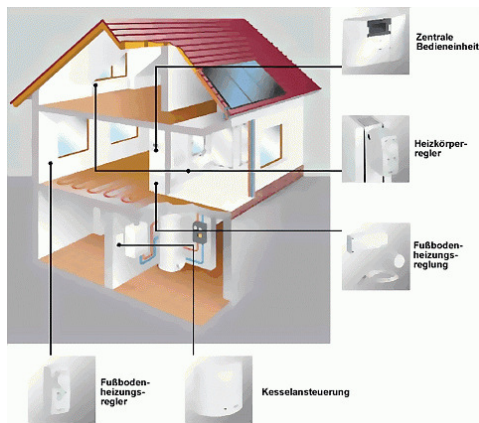


Abbildung 80: Funk Einzelraumregelung  
 (www.marquardt-gmbh.de)

Intelligente Einzelraumregelung verfügt über ein umfangreiches Funktionsspektrum wie z. B. feste und gleitende Zeitprogramme, mehrere Sollwert-Bänder mit gleitender Grenzwertüberwachung, lokale Sollwertänderung, Fenster- und Präsenzüberwachung usw.

Außerdem kann sie eine Vielzahl von Informationen pro Raum sowie verdichtete Informationen über viele Räume liefern. Bei der Einzelraumregelung wird die Raumtemperatur raumweise erfasst und über entsprechende Regler werden die Ventile der einzelnen Heizkreise gesteuert.<sup>134</sup> Somit wird eine

Temperaturregelung nach persönlicher Nutzgewohnheit in jedem einzelnen Raum ermöglicht und optimale Behaglichkeit gewährleistet. Die

Einzelraumregelung ist heutzutage bereits ein geforderter Standard in Bürogebäuden. Sie macht es möglich, Einzelbüros bedarfsgerecht zu versorgen, d.h. wenn sich niemand im Büro befindet, besteht keine Notwendigkeit, diesen zu heizen. Der gewünschte Komfort kann dennoch schnell wiederhergestellt werden. Dies kann durch ein Raumbediengerät dezentral oder mittels einer Zugangskontrolle zentral gesteuert werden. Letztere Lösung schaltet die Raumtemperierung ein, wenn der Mitarbeiter die Zugangskontrolle passiert. So ist der Raum bereits vorgewärmt, wenn der Mitarbeiter seinen Platz erreicht. Bisher weist diese Innovation jedoch administrative Schwierigkeiten auf.

#### Weiterführende Informationen:

Online Informationsportale

- [www.energie-portal.info](http://www.energie-portal.info)
- [www.energieportal24.de](http://www.energieportal24.de)

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Zonenregelung)

##### Vorteile:

- Energie- und Kosteneinsparung über den Gebäudelebenszyklus

##### Nachteile:

- Fixe Standorte in Abhängigkeit von der Elektroinstallation (bei elektrischer Einzelraumregulierung)

**Anwendungsbarriere:**

- Keine modulare Bürostruktur möglich

**Relative Einschätzung:**

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                |           |  |           |  |              |  |       |  |
|----------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| Betriebskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                |           |  |           |  |              |  |       |  |

|            |           |  |                |  |             |  |               |  |
|------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| Marktreife | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|            |           |  |                |  |             |  |               |  |

|               |               |  |               |  |          |  |          |  |
|---------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| Marketingwert | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|               |               |  |               |  |          |  |          |  |

**7.1.2 Wandlungsfähige Strangregulierung**

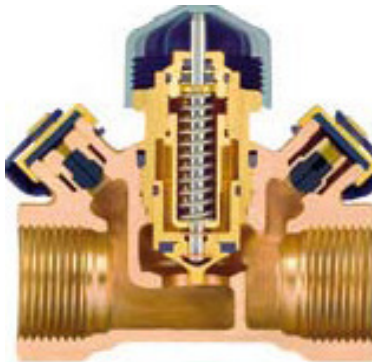


Abbildung 81: Aufbau eines Strangventils (www.heimeier.com)

Eine immer wichtiger werdende Forderung in der Haustechnik ist eine möglichst hohe Anwendungsflexibilität, z. B. im Sanierungsfall, bei Nutzerwechseln oder Teilleerständen. Die Anforderungen an die Wärmeverteilung können sich damit auch grundlegend ändern. Eine anpassungsfähige Strangregulierung ist in der Lage, stets eine optimale und ressourcensparende Versorgung aller Verbraucher sicherzustellen. Die Verknüpfung verschiedener Sender ist hierbei möglich. Für mehrere Räume lässt sich beispielsweise ein Zonenregler mit einem programmierbaren Uhrenthermostat kombinieren. In diesem Fall wird der Uhrenthermostat als „Master-Gerät“ benutzt, der Zonenregler fungiert als „Slave“ und erhält die Schaltzeiten per Funk vom Uhrenthermostat. So lassen sich nicht nur mehrere Räume, sondern auch ganze Büros kontrolliert temperieren.<sup>135</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Wandlungsfähige Strangregulierung wurde z. B. beim Bau des Hamburger Astra Tums eingesetzt.<sup>136</sup>

**Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Strangreguliertventile)**

**Vorteile:**

- Ressourcensparende Versorgung
- Flexible Versorgung

**Nachteile:**

- Wenn das Automationsgerät ausfällt, werden alle Räume, die von diesem Gerät automatisiert werden, nicht beheizt.

**Anwendungsbarriere:**

- Keine bekannt

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 7.2 Belüftung

### 7.2.1 Kontextsensitive Steuerung



Abbildung 82: LUQAS-Smart Sensor Modul (25 mm x 15mm x 15mm), (archiv.ensan.de)

Die Steuerung und Regelung trägt zu einer energieeffizienten Nutzung der Raumluftechnischen Anlage bei. Durch den optimalen Betrieb der Anlage lassen sich die Energiekosten erheblich reduzieren. Der beste Weg, die Lüftung und Klimatisierung kontinuierlich dem tatsächlichen Bedarf anzupassen, ist die Installation von Sensoren für die Luftqualität, verbunden mit dem Einsatz einer Regelungstechnik, z. B. Feuchtigkeits- oder CO<sub>2</sub>-Sensoren. Auch eine optimierte zeitabhängige Steuerung ist häufig empfehlenswert.<sup>137</sup>

Des Weiteren kann die Luftqualität in Innenräumen erfasst und visualisiert werden sowie die manuelle Fensterlüftung durch objektivierte Anzeige der Luftqualität (Lüftungsampel) optimiert werden. Bei einem entwickelten Sensorsystem reagiert ein beheiztes Sensorelement auf der Basis eines oxidischen Halbleiters aus Zinndioxid (SnO<sub>2</sub>) breitbandig auf alle oxidierbaren Gase und Dämpfe, wie z. B. Tabakrauch, menschliche Biogase, Küchendunst, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe wie Alkohole, techn. Lösungsmittel, Formaldehyd, (VOC) in der Raumluf. Außerdem ist das Ziel, alle die Luftqualität in Innenräumen bestimmenden Parameter (Luftbelastung durch Schadstoffe, Temperatur, Feuchte) quantitativ zu erfassen. Dem Nutzer sollen mit Hilfe einer integrierten Elektronik auf Basis eines entsprechend leistungsfähigen Mikroprozessors und geeigneter Auswertesoftware Informationen über die relevanten Parameter der Raumlufqualität gegeben werden. Zusätzlich sollen die Signale zur bedarfsgerechten Regelung einer RLT-Anlage auf der Grundlage dieser Parameter und einer entsprechenden Regelstrategie generiert werden.<sup>138</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Luftqualitätssensorentwicklung „LUQAS II (Triplesensor)“:

Projektpartner:

- ETR, Elektronik Technologie Rump, Dortmund
- UST, Umweltsensortechnik GmbH, Geschwenda
- IATK, Institut für Angewandte Thermodynamik und Klimatechnik, Prof. Dr. Steimle, Universität Essen.
- Johnson Controls, JCI Regelungstechnik GmbH, Essen

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Zonenregelung)

##### Vorteile:

- Steigerung der Energieeffizienz
- Reduzieren der Energiekosten

|                               |               |          |                |          |              |          |               |           |
|-------------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Nachteile:</b>             |               |          |                |          |              |          |               |           |
| ▪ Hohe Investitionskosten     |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>    |               |          |                |          |              |          |               |           |
| ▪ Investitionskosten          |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>            | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>         | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>             | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>          | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 7.2.2 Hybride Lüftung



Abbildung 83: Messraum „Hybride Lüftung“ im Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen (Fraunhofer IBP)

Hybride Lüftungssysteme besitzen eine intelligente Steuerung, die zwischen natürlicher und mechanischer Lüftung umschaltet, um die Vorteile beider Lüftungssysteme zu vereinen und den Energieverbrauch zu minimieren. Die jeweils aktive Betriebsweise ist abhängig von den Außenklimazuständen und kann sich in Abhängigkeit von der Jahreszeit und dem jeweiligen Tagesklima ändern.

Im Rahmen eines Verbundprojektes wurden am Fraunhofer-Institut für Bauphysik in Holzkirchen Einzelsysteme, die aus Klimasegel, Licht- und Beschattungstechnik sowie automatisierter Fensterlüftung bestehen, logisch miteinander verknüpft und auf eine Raumautomation aufgeschaltet. Hierbei kann sich der Nutzer sein Wunschklimate einstellen und die Automatik sorgt im Hintergrund weiterhin für die notwendige Sicherheit und minimiert den Energieeinsatz.<sup>139</sup>

### Weiterführende Informationen:

Das System wurde im Messraum „Hybride Lüftung“ mit abgehängtem Klimasegel, aufgesetztem Umluftkühl-/Heizgerät sowie integriertem Lichtsystem getestet. Als Testobjekt



diente der am Schreibtisch sitzend der Behaglichkeits-Dummy "DRESSMAN", auf der Schreibplatte ein Behaglichkeitssensor zur Regelung des individuellen Raumklimas (siehe Abbildung 83).

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: mechanische Belüftung)

**Vorteile:**

- Möglichkeit der individuellen Regelung des Raumklimas (hoher individueller Komfort)
- Bewusste Einbeziehung der Wirkung des Außen- auf das Raumklima
- Energieeffizient
- Umweltfreundliches Konzept
- Hohe Flexibilität und Adaptivität
- Geringere Betriebskosten

**Nachteile:**

- Hohe Investitionskosten

**Anwendungsbarriere:**

- Ungenügende Technologiereife (Wirtschaftlichkeit)

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**7.3 Licht und Sonnenschutz**

**7.3.1 Sensorbasierte Lichtsteuerung: Bedarfsgesteuerte Beleuchtungssteuerung nach individuellen Parametern**



Abbildung 84: Steuergerät DALI (www.osram.de)

Da sich die Intensität und Qualität des Tageslichts fortlaufend verändern, weichen die natürlichen Lichtverhältnisse im Innenraum in unterschiedlichem Maß von den gewünschten Anforderungen ab. Variable Sonnenschutz- und Tageslichtsysteme sowie das künstliche Ergänzungslicht können vom Nutzer direkt oder sensorbasiert gesteuert werden. Im Zusammenhang mit Licht und Sonnenschutz sind Sensoren sinnvoll, die Helligkeit und Bewegung erfassen und an ein Steuersystem weiterleiten. Sonnenschutz und Beleuchtung werden automatisch der Nutzung und der Tageslichtsituation angepasst. Die unachtsame Beleuchtung ungenutzter Räume wird durch Bewegungssensoren vermieden, die

Messung in regelmäßigen Zeitintervallen sorgt für den laufenden Abgleich der Helligkeitswerte mit dem Sollwert. Dies gewährleistet automatisch eine hohe Anpassung an den Normwert. Gleichzeitig können durch die automatische Abschaltung unbenötigter Beleuchtung Energiekosten gespart werden.

**Weiterführende Informationen:**

Sensorbasierte Lichtsteuerung wird von verschiedenen Herstellern angeboten und geplant (z. B. ERCO GmbH, Zumtobel AG)

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: manuelle Steuerung)

**Vorteile:**

- Energieeinsparung

**Nachteile:**

- Problematische Definition eines festen Schwellenwerts für das Ein- und Ausschalten der Beleuchtung, Teilen eines Lichtsystems oder des Sonnenschutzes
- Anpassung der Jalousiestellung oder der Kunstlichtmenge wird vom Nutzer häufig als unangenehm oder lästig empfunden

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten
- Nutzerakzeptanz

**Relative Einschätzung:**

|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |
|--------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| Investitionskosten | sehr hoch |          | eher hoch |          | eher niedrig |          | sehr niedrig |           |
|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |
| Lebensdauer        | <2 Jahre  | <5 Jahre | 10 Jahre  | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre     | >50 Jahre |
|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**



|                       |               |           |                |              |             |       |               |
|-----------------------|---------------|-----------|----------------|--------------|-------------|-------|---------------|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch     | eher hoch |                | eher niedrig |             | keine |               |
|                       |               |           |                |              |             |       |               |
| <b>Marktreife</b>     | Forschung     |           | Pilotumsetzung |              | Kleinserien |       | Massenprodukt |
|                       |               |           |                |              |             |       |               |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht |           | eher schlecht  |              | eher gut    |       | sehr gut      |
|                       |               |           |                |              |             |       |               |

## 7.4 Integrierte Gebäudeautomation; Regelung und Steuerung

### 7.4.1 Gebäudeautomatisierung basierend auf Wettervorhersage



Die rechtzeitige Regelung und Steuerung der gebäudetechnischen Anlagen, welche auf das vorhergesagte Wetter abgestimmt ist, hat zwei Vorteile. Zum einen kann für die Gebäudenutzer eine moderne Gebäudeautomation ein angenehmes Raumklima schaffen, und zum anderen entlastet ein niedriger Energieverbrauch die Umwelt.<sup>140</sup>

Abbildung 85: Wetterstation für die Gebäudeautomation ([www.beckhoff.at](http://www.beckhoff.at))

#### Weiterführende Informationen:

Ein Beispiel dafür ist die Anwendung bei so genannten Thermoaktiven Bauteilsystemen (TABS), z. B. in Gebäuden mit Betonkerntemperierung. Siemens Building Technologies (SBT) hat eine solche Lösung bereits in zwei Großgebäuden in Zürich realisiert. Beruhend auf einer Eintages-Vorhersage von MeteoSchweiz wird die Vorlauftemperatur nicht auf die gemessene, sondern auf die vorhergesagte Außentemperatur abgestimmt. Aufgrund der großen thermischen Trägheit von Betondecken wirkt sich eine Änderung der Raumtemperatur normalerweise nur sehr verzögert aus. Durch eine frühzeitige Anpassung der Vorlauftemperatur wird mit dieser Lösung eine Verbesserung des Innenklimas erwartet.<sup>141</sup>

OptiControl wurde im März 2007 von den Abteilungen Systems Ecology Group und Automatic Control Laboratory der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ), dem Gebäudetechniklabor der Forschungsinstitution Empa in Dübendorf (Schweiz), dem Bundesamt für Meteorologie und Klimatologie MeteoSchweiz sowie Siemens Building Technologies als Industriepartner lanciert. Im Projekt werden neueste Entwicklungen aus der Gebäudetechnologie, der numerischen Wettervorhersage und der Regelungstechnik kombiniert, um die Innenklimaregelung von Gebäuden zu verbessern. Es sollen Prototypen von Produkten entwickelt und getestet werden, die den Energieverbrauch bei niedrigen Investitionen und Betriebskosten reduzieren helfen und dabei einen hohen Benutzerkomfort gewährleisten.<sup>142</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Außentemperaturgeführte Regelung)

##### Vorteile:

- Energieeffizienz
- Kostenreduzierung
- Schaffung eines angenehmen Raumklimas

##### Nachteile:

- Verlauf des Wetters ist durch Unsicherheit geprägt
- Unterschiedliche Qualität der Wettervorhersagen bezüglich Zeithorizont und geographischer Eingrenzung sowie Grad der Wahrscheinlichkeit des Eintreffens.

**Anwendungsbarriere:**

- Weiterer Entwicklungsbedarf notwendig

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

**7.4.2 Intelligente Stromzähler**

Abbildung 86: Intelligenter Stromzähler und StromRadar-Software (EnBW AG)

Der Intelligente Stromzähler ist ein elektronischer Zweitarifzähler und übermittelt die aktuellen Zählerdaten per Internet im geschützten Bereich an das Datacenter. Somit kann der Nutzer zu jedem Zeitpunkt Verbrauch und Verbrauchsverläufe abrufen. Die Zählerdaten können über eine Steuerzentrale online ausgewertet und analysiert werden. Neben der Grundlast stellt sich dabei jeder weitere zu- oder ausgeschaltete

Stromverbraucher deutlich dar.<sup>143144</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Intelligente Stromzähler können durch ein geeignetes Monitoring und ggf. Nutzerfeedbacksystem zu einer Verbrauchersensibilisierung beitragen. Inwieweit sich ein nutzungsorientiertes Monitoring in Bürogebäuden Umsetzen lässt ist Gegenstand des Forschungsprojekts Office 21 (Green Office) des Fraunhofer IAO.<sup>145</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Nutzer ohne Kontrollmöglichkeit)

|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Vorteile:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Monitoring des Energieverbrauchs</li> <li>▪ Ermöglicht automatisierte regelmäßige Fernablesung</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ggf. Datensicherheit</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kosten</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 8 Themenfeld 8: Brandschutz

Der so genannte „vorbeugende Brandschutz“ schließt drei Bereiche ein:<sup>146</sup>

- Baulichen Brandschutz.
- Anlagentechnischen Brandschutz.
- Organisatorischen Brandschutz.

Der bauliche Brandschutz umfasst alle bautechnischen, konstruktiven, materialtechnischen, gestalterischen und funktionsplanerischen Maßnahmen mit denen die Brandausbreitung und -übertragung auf ein Mindestmaß reduziert oder verhindert werden kann. Des Weiteren sind Maßnahmen eingeschlossen, die die Rettung von Personen und die sichere Tätigkeit der Feuerwehr garantieren und dafür sorgen, dass der Schädigungsgrad an Gebäuden so gering wie möglich gehalten wird.<sup>147</sup>

Das Ziel der Maßnahmen von baulichem Brandschutz ist, die Baustoffe schwerentflammbar oder gar unbrennbar zu machen. Nach DIN 4102 werden die Baustoffe in verschiedene Baustoffklasse je nach ihren Bestandteilen (Zusammensetzung) und ihren Brenneigenschaften eingeteilt. In der folgenden Tabelle werden sie zusammengefasst<sup>148</sup>:

| Baustoff-Klasse | Bedeutung  | Beispiele  |
|-----------------|--|--|
| <b>A</b>        | Nicht brennbar   | Beton, Mauerwerk, Böden (Sand, Kies etc.), Zemente, Mörtel, Steinzeug, Baukeramik, Glas, Schaumglas, Massive Gipsbauteile (Gipsdielen), Gusseisen, Stahl, Aluminium  |
| <b>A1</b>       | Nicht brennbar, ohne oder nur geringe organische (brennbare) Bestandteile. Dazu gehören fast alle mineralischen Baustoffe. Diese Baustoffe müssen nicht gekennzeichnet werden (Ausnahme: Mineral- oder Glasfaserplatten, die auch der Baustoffklasse A2 angehören können). | Mineralfaserbauteile, Glaswolle etc.   |
| <b>A2</b>       | Nicht brennbar, oft mit organische (brennbare) Bestandteilen. Baustoffe der Klasse A2 müssen immer mit einem amtlichen Prüfzeichen gekennzeichnet werden.  | Gipskartonplatten (mit geschlossener Oberfläche), Styroporbeton, Mineralfaserprodukte (Mineralwolle), Leichtbeton mit organischen Zuschlägen (Holz, Kunststoff) etc. |

|           |  |   |
|-----------|--|---|
| <b>B</b>  | Brennbar   |   |
| <b>B1</b> | Brennbare, schwer entflammable Baustoffe. Sie müssen dasselbe Prüfzeichen wie Baustoffe der Klasse A2 tragen.  | Brandschutzbehandelte Holzwerkstoffe, Hartschaumkunststoffe, Mineral- oder Glasfaserplatten und -filze, Gipskartonplatten, Kunststoffe etc. |
| <b>B2</b> | Brennbar, normal entflammbar: Sie müssen immer gekennzeichnet sein. Ausnahmen bilden Holz und Holzwerkstoffplatten mit ausreichender Dicke (> 2 mm) und Rohdichte (>400 kg/m <sup>3</sup> ). | Mehrschicht-Leichtbauplatten, Asphaltabdichtungsbahnen, Korkerzeugnisse etc.  |
| <b>B3</b> | Brennbare, leicht entflammable Stoffe.   | Holzbauteile und Holzwerkstoffe mit einer Dicke < 2 mm, Stroh, Pappen, Papier   |

Abbildung 87: Baustoffklassen nach DIN 4102

Baustoffen der Klassen von A bis B1 finden ihren uneingeschränkten Einsatz auf einer Baustelle/ in einem Gebäude. Die Verwendung der Baustoffen der Klasse B2 ist nur in wenigen Bereichen zulässig oder verlangt eine zusätzliche Behandlung (z.B. Flammenschutzbeschichtung), die diesen Stoffen Eigenschaften der Klasse B1 verleiht.

Im Folgenden werden verschiedene Innovationen des baulichen Brandschutzes anhand von Materialien vorgestellt, deren Brandeigenschaften physikalisch oder chemisch beeinflusst werden.

### 8.1 Brandfeste Materialien

Brandfeste Materialien können die Entstehung von Bränden vermeiden bzw. die Ausbreitung eines Brandes verlangsamen oder verhindern. Beschichtungen zur Verbesserung des Brandschutzes werden bisher eher selten eingesetzt, haben jedoch erhebliches Potenzial, die Brandschutzeigenschaften verschiedenster Materialien zu verbessern. Im Folgenden wird Holzbrandschutzbeschichtung dargestellt, mit deren Hilfe normal entflammable Stoffe (B2) Brandschutzklasse B1 erreichen und in einem Gebäude ohne Einschränkungen eingesetzt werden können.



### 8.1.1 Holzbrandschutz-Beschichtung



Abbildung 88: Brandschutz-Lack (www.brandchemie.de)

Holz ohne besondere Brandschutz-Beschichtung wird als normalentflammbarer Baustoff (Baustoffklasse B2) eingestuft. Durch die Beschichtung mit einer Brandschutz-Farbe kann für die meisten Holzwerkstoffe die Klasse B1 (schwerentflammbar) erreicht werden.

Brandschutz-Lacke sind in transparent, weiß und farbig erhältlich.<sup>149</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Holzbrandschutz-Systeme sind bereits am Markt verfügbar, jedoch momentan noch wenig verbreitet. Die Brandchemie GmbH<sup>150</sup> bietet den BC-Brandschutz-Woodcoat an; die Beschichtung der Sika GmbH<sup>151</sup> heißt Unitherm®. Die Preise liegen je nach Anbieter zwischen 50 und 100 EUR für 5 kg Farbe (Angabe 2009).

Holzbrandschutz für höhere Gebäude (z. B. hohe Bürogebäude) ist derzeit noch eine Herausforderung. Die TU Braunschweig arbeitet gegenwärtig daran, Holzkonstruktionen für den Einsatz in Nicht-Wohn-Gebäuden und -Bereichen wie Verwaltungsgebäuden zu entwickeln.

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Holzbeschichtung)

#### Vorteile:

- Brandschutz der Klasse B1 (schwer entflammbar) erreichbar.
- Große Farbpalette, inklusive transparenter und bunter Lacke, verfügbar.

#### Nachteile:

- Kurze Lebensdauer in Außenbereichen (< fünf Jahre), Angabe 2009)
- Holzbrandschutz funktioniert nicht auf mechanisch beanspruchten Flächen wie Fußböden, Treppen und Handläufen

#### Anwendungsbarriere:

- Geringer Bekanntheitsgrad.

#### Relative Einschätzung:

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                |           |  |           |  |              |  |       |  |
|----------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| Betriebskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                      |               |               |          |          |  |  |  |  |
|----------------------|---------------|---------------|----------|----------|--|--|--|--|
|                      |               |               |          |          |  |  |  |  |
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht | eher schlecht | eher gut | sehr gut |  |  |  |  |

## 8.2 Chemische Brandschutzsysteme

Der Brennvorgang der Materialien kann entweder physikalisch (z. B. durch Kühlen, Beschichten, Verdünnen etc.) oder chemisch (durch eine Reaktion in der Gasphase oder festen Phase) beeinflusst werden. Im Folgenden betrachten wir einige chemische Brandschutzsysteme.

### 8.2.1 Einsatz von Hydrotalcit in Kunststoffen

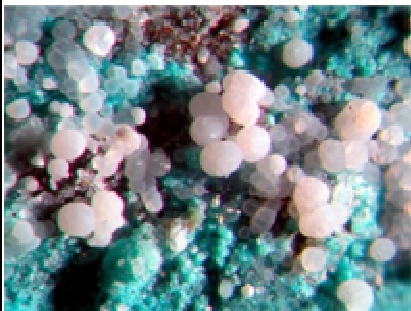


Abbildung 89: Natürliches Hydrotalcit

Bei der Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC), einem der am häufigsten eingesetzten Kunststoffe insbesondere in der Bauindustrie, müssen im Herstellungsprozess so genannte Stabilisatoren als Additive beigemischt werden. Diese Stabilisatoren waren lange Zeit blei- oder kadmiumhaltig. In den letzten Jahren hat sich Hydrotalcit als umweltfreundliche Variante immer stärker durchgesetzt.

Hydrotalcit ist ein Magnesium-Aluminium-Hydroxycarbonat, das in Schweden und Norwegen natürlich vorkommt. Synthetisch hergestellt wird das weiße Mineral bereits seit den 1970er Jahren in der Pharmazie als Mittel gegen übersäuerten Magen genutzt.<sup>152</sup>

Ein Doktorand der Technischen Universität Dresden hat den Einsatz von Hydrotalciten zur Modifizierung von Kunststoffen untersucht. Dabei wurde das Potential von Hydrotalcit als umweltfreundlicher Brandschutz besonders deutlich. Beim Erhitzen auf eine Temperatur von ca. 320 °C, d.h. oberhalb der Schmelztemperatur der meisten thermoplastischen Kunststoffe, spalten Hydrotalcite Wasser ab. Darüber hinaus führt ihre Plättchenstruktur im Brandfall zu einer den Gasaustausch hemmenden Oberflächenverkrustung.<sup>153</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Durch die Anreicherung mit Hydrotalcit kann die Flammhemmung in Kunststoffen bereits bei einem niedrigeren Anteil an Füllstoff erreicht werden, als dies mit klassischen mikroskaligen Flammhemmern möglich ist. Dadurch werden dessen mechanische Eigenschaften weniger stark beeinträchtigt. Zusätzlich kann durch die Plättchenstruktur des Hydrotalcit sogar eine deutliche Verbesserung der mechanischen Eigenschaften erreicht werden.<sup>154</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: klassischer Flammhemmer)

**Vorteile:**

- Umweltfreundlicher Flammhemmer.
- Verbessert die mechanischen Eigenschaften des Kunststoffs.

**Nachteile:**

- Keine wesentlichen.

**Anwendungsbarriere:**

- Geringer Bekanntheitsgrad.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 8.2.2 Nano-flammgeschützten PP-Compounds



Abbildung 90: PP Compounds (Macomass Verkaufs AG)

Nanotechnologien für den Einsatz in PP Compounds bieten neue Möglichkeiten des Brandschutzes. Auf der Kunststoffmesse Swiss Plastics 2008 in Luzern vom 15.-17. Januar präsentierte das Unternehmen Macomass Verkaufs AG ein flammgeschütztes PP-Compound, das durch den Einsatz von Nanopartikeln verbessert wurde. Die Entwicklung fand in Zusammenarbeit mit dem Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung e.V. (TITK) statt. Durch den Einsatz der Nanopartikel konnte die Flammwidrigkeit des Materials, so Macomass, um bis zu 40% verbessert werden.<sup>155</sup>

**Weiterführende Informationen:**

Durch den Einsatz von Nanopartikeln konnte die Rauchgasdichte des PP Compounds der Macomass Verkaufs AG stark reduziert werden. Der Kunststoff verlischt selbständig, da sich durch chemische Reaktionen Krusten bilden, die die Sauerstoffzufuhr unterbinden. Macomass PP-Compounds mit nanoskaligen Schichtsilikaten gibt es bisher in den Farben Weiß, Natur und Schwarz. Das Einfärben ist bisher nur eingeschränkt möglich.<sup>156</sup>

PP-Compounds sind in anderen Branchen schon etabliert. Beispiele sind die Automobilindustrie (z.B. Kfz-Komponente wie Filtergehäuse), der Bereich Elektronik/ Elektrotechnik (Leitungsschutzrohre, Kabelummantelungen) und die Hausgeräte- und Möbelindustrie.

| Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: halogenfreie flammgeschützte (PC/ABS) Blends)   |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Vorteile:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringere Rauchgasentwicklung.</li> <li>▪ Selbstständiges Verlöschen des Kunststoffes.</li> <li>▪ Steigerung der mechanischen Eigenschaften (Schlagzähigkeit, Festigkeit) der Materialien.</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bisher nur in wenigen Farben verfügbar.</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geringer Bekanntheitsgrad.</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 9 Themenfeld 9: Akustik

Akustische Einflüsse werden vom Menschen meist nur unbewusst wahrgenommen. Körperliches und geistiges Wohlbefinden können jedoch ganz erheblich von der Geräuschart und -menge, der eine Person ausgesetzt ist abhängen. Da man seine Ohren gegenüber akustischen Sinnesreizen nicht verschließen kann, wird zumindest das Unterbewusstsein durch Geräusche strapaziert. Es müssen nicht immer besonders laute Geräuschpegel sein, die einen Menschen belästigen. Auch stark schwankende oder impulshaltige Schallereignisse können sehr belastend sein. Innerhalb eines Bürogebäudes treten besonders Geräusche mit „Informationsgehalten“, also Sprachketzen, laute Telefonate, Mitarbeitergespräche usw. auf und wirken sich stark negativ auf die Konzentrationsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden der Mitarbeiter aus.

Besonders in größeren Räumen mit relativ geringem Wandflächenanteil ist es schwierig, den raumakustischen Komfort zu gewährleisten. Hier kann neben akustisch wirksamen Ausstattungsgegenständen (Rollcontainer und Sideboards mit perforierten Seitenflächen, offene Regale mit Aktenordnern etc.) die Decke mit deckenintegrierten Streifenabsorber und Absorberstreifen zur Schallabsorption genutzt werden.

Als innovative Lösung zur Eindämmung kurzzeitig auftretender Störgeräusche wie Baulärm werden mobile aufblasbare Schallschutz-Elemente beschrieben.

In besonderen Fällen kann auch eine Überlagerung konstanter Störgeräusche durch aktive Akustikmaßnahmen zur Geräuschkürzung beitragen.

### 9.1 Passive Akustikmaßnahmen

#### 9.1.1 Streifenabsorber und Absorberstreifen

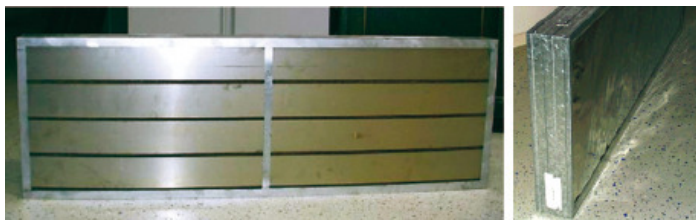


Abbildung 91: Streifenabsorber als Schalldämpfer (Fraunhofer IBP)

Streifenabsorber und Absorberstreifen ermöglichen, die Deckenfläche trotz Betonkernaktivierung zur Absorption von Schall zu nutzen.

Die Absorber werden periodisch in die Decke eingebettet oder werden bündig an der Deckenoberfläche angebracht. Ein Teil der

Schallenergie, die frequenzabhängig durch das periodische „Gitter“ auf die Bauteiloberfläche einfällt, wird gebeugt und nicht in den Raum zurück reflektiert. Durch Konfiguration der Absorber (Geometrie und Materialeigenschaften) und ihre räumliche Verteilung kann die Konstruktion akustisch auf einen bestimmten Frequenzbereich fokussiert werden. Der berechnete Absorptionsgrad für diffusen Schalleinfall zeigt bei konstanter Absorberbelegung eine mit zunehmender Streifenzahl ansteigende Wirksamkeit.

In Bestandsgebäuden können Metallkassetten, in denen sich ein Schallabsorber befindet an der Decke montiert werden. Auf diese Kassetten kann zusätzlich noch ein Akustikputz aufgetragen werden.

**Weiterführende Informationen:**

Das Fraunhofer IBP führte 2004 im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte Analysen und Studien zu Plattenabsorbern und Streifenabsorbern als Schalldämpfer für tiefe und mittlere Frequenzen durch.<sup>157</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: abgehängte Decke)

**Vorteile:**

- Gute Schallabsorption trotz Bauteilaktivierung
- Je nach Funktion können statische und akustische Eigenschaften wirtschaftlich zusammengeführt werden
- Schmälerer Bauweise im Vergleich zu rein porösen Schalldämpfern

**Nachteile:**

- Störung der Deckenoptik

**Anwendungsbarriere:**

- Investitionskosten
- Abgehängte Decke

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 9.1.2 Aufblasbare Elemente als Schallschutz (Schallschirme)



Abbildung 92: Mobiler aufblasbarer Schallschirm (Fraunhofer IBP)

Aufblasbare Schallschirme erfüllen die akustischen Anforderungen und sind für temporären Lärmschutz geeignet. Durch gezielte Kammerstruktur kann die Schalldämmung optimiert werden. Geeignete Formgebung und Randausbildung des Schirmes ermöglichen die Reduzierung der Schallbeugung. Durch geänderte Formgebung und Verwendung verschieden schwerer oder schallabsorbierender Materialien lässt sich die Anpassung an unterschiedliche schalltechnische Anforderungen erreichen. Der fortgeschrittene Stand der Technik bei Folien und Membranen bieten bereits jetzt großen Spielraum für besondere Material- und Bauteileigenschaften. Transparenz bzw. attraktive optische Gestaltung sind dadurch ebenso möglich wie eine nachhaltige Beständigkeit gegen Witterungseinflüsse oder Vandalismus. Die Summe dieser Merkmale der aufblasbaren Schallschutzbauteile und die geringen Investitions- sowie Betriebskosten, qualifizieren sie als neuartige Lösung für eine Vielzahl akuter Lärmprobleme.

#### Weiterführende Informationen:

Aufblasbare Schallschirme wurden 2001 am Fraunhofer IBP im Rahmen eines Forschungsprojekts untersucht.<sup>158</sup> 2008 hat diese Technologie u. a. bei der Errichtung des Fraunhofer Innovationszentrums in Haus2 in Duisburg Anwendung gefunden.<sup>159</sup>

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Stationäre Schallschutzwände)

#### Vorteile:

- Leicht
- Flexibel und mobil
- Kostengünstig (geringe Investitions- sowie Betriebskosten)
- Mehrfach verwendbar

#### Nachteile:

- Zusätzliches Know-how zur Installation erforderlich

#### Anwendungsbarriere:

- Wenig bekannt

#### Relative Einschätzung:

|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |
|--------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| Investitionskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                    |           |  |           |  |              |  |              |  |

|             |          |          |          |          |          |          |          |           |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Lebensdauer | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|             |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                |           |  |           |  |              |  |       |  |
|----------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| Betriebskosten | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                |           |  |           |  |              |  |       |  |



|               |               |  |                |  |             |  |               |  |
|---------------|---------------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| Marktreife    | Forschung     |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|               |               |  |                |  |             |  |               |  |
| Marketingwert | sehr schlecht |  | eher schlecht  |  | eher gut    |  | sehr gut      |  |
|               |               |  |                |  |             |  |               |  |

## 9.2 Aktive Akustikmaßnahmen

### 9.2.1 Aktive Geräuschkinderung



Abbildung 93: EU Projekt In-MAR: Aktiver Tilger dämpft Lärm eines Kompressors (Fraunhofer LBF)

Intelligente Materialsysteme für aktive Geräuschkinderung (Intelligent Materials for Active Noise Reduction-InMAR)

Zielsetzung des Forschungsprojekts InMAR ist die Erforschung und Realisierung intelligenter, hochleistungsfähiger und adaptiver Materialsysteme mit integrierter Elektronik für unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten. Diese Systeme werden in aktiven Lärmreduzierungskonzepten, basierend auf aktivem Schwingungs- und Schallschutz sowie für das Klangdesign angewandt. Sensoren und Aktoren können gezielt auf veränderliche Betriebsbedingungen reagieren: je nach Schwingungsfrequenz werden gegengleiche Schallwellen in die Struktur eingeleitet. Dies reduziert die Ausbreitung der

Schallwellen, die Lärmquelle wird aktiv gedämpft.

Einsatzmöglichkeiten sind:

- Lärmbelastung in Fahrzeugen und Gebäuden,
- Klangqualitätsdesign von Innenräumen.

Als besondere Herausforderung erweist sich die Kombination von minimalem Bauraum und hohem Dämpfungsbedarf bei tiefen Frequenzen. Lösungsansätze beruhen insbesondere auf der Entwicklung aktivierter Resonatoren. Für den Gebäudebereich werden die aktiven Beeinflussungen des Hohlraums in Isolierglasscheiben untersucht. Auch hier werden die aktivierten Resonatoren eingesetzt.

#### Weiterführende Informationen:

Ein mit der inMar Technologie ausgestattetes Schallschutzfenster filtert tiefe Frequenzen, wie z. B. Flugzeuglärm. Im Frequenzbereich zwischen 50 und 1.000 Herz verringert es Testsignale um durchschnittlich 6 Dezibel. Zukünftig wird in diesem Frequenzbereich eine Lärmreduktion von bis zu 10 Dezibel erwartet.<sup>160</sup>

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: passiver Schallschutz)

#### Vorteile:

- Kosten, die durch Lärm verursacht werden, werden reduziert



|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verhindert (beugt vor oder vermindert) schädliche Auswirkungen, einschließlich Belästigung durch Umgebungslärm</li> <li>▪ Keine Flächen für Absorber o. ä. notwendig</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investitionskosten</li> <li>▪ Nur wirksam in bestimmten Frequenzbereichen</li> </ul>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technologiereife (Wirtschaftlichkeit)</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 10 Themenfeld 10: Baukörper und Bauqualität

Baukörper und Bauqualität spielen für das Ressourceneffiziente Gebäude meist eine untergeordnete Rolle, da die Ressourceneffizienz meist von Fassadenelementen, der Gebäudedämmung und Haustechnik bestimmt wird. Im Bezug auf Um- oder Rückbau und auf der Baustelle anfallende Abfälle sowie die Effizienz der Transportwege spielt der Baukörper aufgrund seines hohen Volumens jedoch eine maßgebliche Rolle. Hier kann der Einsatz von festeren Materialien zu wesentlichen Einsparungen im Ressourceneinsatz verhelfen. Im Folgenden werden insbesondere Materialien im Rohbau dargestellt.

### 10.1 Materialien im Rohbau

Der Einsatz neuer Materialien im Rohbau kann sowohl neue Formen als auch Nutzungskonzepte ermöglichen. Obwohl verschiedenste Technologien seit langem auf dem Markt verfügbar sind, haben diese sich nach wie vor wenig auf der Baustelle durchgesetzt. Nachstehend werden die Technologien des hochfesten Betons, die des hochfesten Betonstahls sowie die Betonsandwichfassade als Aussteifungselement dargestellt.

#### 10.1.1 Hochfester Beton

Hochfester Beton wird auch als Hochleistungsbeton bezeichnet, da er neben seiner hohen Festigkeit aufgrund des dichten Gefüges auch einen hohen Widerstand gegen äußere Angriffe wie beispielsweise chemische Angriffe oder Frost-Taumittel Angriffe besitzt.<sup>161</sup>

Gegenüber dem Normalbeton ist aufgrund der Zähigkeit des Frischbetons eine höhere Mischintensität erforderlich. Der Einbau mit Betonpumpe stellt ebenso wie ein Entmischen des Betons bei größeren Fallhöhen kein Problem dar. Beim Einbringen des Betons ist jedoch ein höherer Aufwand für die Verdichtung einzurechnen. Hochfester Beton besitzt eine hohe Empfindlichkeit gegen Austrocknen, sodass eine sorgfältige Nachbehandlung zwingend erforderlich ist. Freie Oberflächen sind sofort nach dem Ausschalen mit Folie abzudecken, da sonst relativ früh erste Risse entstehen insbesondere bei erhöhten Temperaturen oder Wind. Längere Ausschalfristen sowie eine stetige Zufuhr von Wasser wirken der Rissbildung entgegen. Neben der Bildung von Oberflächenrissen kann eine unzureichende Nachbehandlung eine dauerhafte Gefügeschädigung des hochfesten Betons bewirken.

Ein Bewehrungsstahl mit hoher bezogener Rippenfläche ist bei hochfestem Beton von Nachteil, da durch den sehr steifen Verbund die Gefahr von Längsrissen besteht und die Duktilität reduziert wird. Eine ausreichende Betonüberdeckung der Bewehrung ist daher sicherzustellen.

Mit steigender Festigkeit erhöht sich auch die Sprödigkeit des Betons. Durch das Beimischen von Fasern kann die notwendige Duktilität bzw. Resttragfähigkeit erreicht werden.

Ultra-Hochfester-Beton (UHPC – Ultra-High-Performance-Concrete oder auch RPC – Reactive Powder Concrete) erreicht eine Druckfestigkeit bis ca. 250 N/mm<sup>2</sup> (möglich sind Druckfestigkeiten bis 800 N/mm<sup>2</sup>, im Moment baupraktisch jedoch nicht umsetzbar) und eine Biegezugfestigkeit bis ca. 50 N/mm<sup>2</sup>.<sup>162</sup> Er ist sehr gefügedicht und weist bei optimaler Herstellung und Nachbehandlung kaum Poren und Mikrorisse auf, was den Beton dicht gegen Flüssigkeiten, Gase und Chloride macht. Die Gefügedichte führt im Brandfall jedoch zu Betonabplatzungen, da sich der Porenwasserdampfdruck nicht abbauen kann. Hier wird eine

Zugabe von Kunststofffasern erforderlich.

Ultra-Hochfester Beton ist hinsichtlich seiner Zusammensetzung, seiner mechanischen Eigenschaften und seiner Dauerhaftigkeit nicht grundlegend erforscht, weshalb er im Allgemeinen noch nicht einsetzbar ist.

**Weiterführende Informationen:**

Durch den Einsatz von hochfestem Beton können schlanke Tragkonstruktionen ausgeführt werden. Dadurch können im Bezug auf die Verwendung von Normalbeton die Massen der Bauteile und die Abmessungen von Räumen reduziert werden.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: Standardbeton)

**Vorteile:**

- Durch schlanke Tragkonstruktionen können Massen von Bauteilen reduziert werden.
- Vergrößerung der Abmessungen von Räumen
- Hoher Widerstand gegen chemische Angriffe oder Frost -Taumittel

**Nachteile:**

- Erhöhte Anforderungen an die Anzahl an Prüfungen und Produktionskontrollen
- Hohe Empfindlichkeit gegen Austrocknen
- Erhöhung der Sprödigkeit mit Erhöhung der Festigkeit

**Anwendungsbarriere:**

- Erhöhter Energieeinsatz bei der Herstellung (höherer Mischintensität ist erforderlich)
- Empfindlichkeit (z.B. gegen erhöhte Temperatur und Wind, gegen Austrocknen)
- Zum Teil industrielle Mischung / Verarbeitung notwendig

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

**10.1.2 Hochfester Betonstahl**

Durch den Einsatz von hochfesten Betonstählen können Stahlbeton-Bauteile mit reduziertem



Abbildung 94: Megastütze mit hochfestem Stahl SAS 670 beim Bauvorhaben Opernturm in Frankfurt (Ed. Züblin AG)

Querschnitt entworfen werden. Weiterhin kann die Herstellqualität der Bauteile verbessert werden.

Der hochfeste Betonstahl findet hauptsächlich bei überwiegend auf Druck beanspruchten Bauteilen Anwendung. Er kann ebenso bei dicken Platten sowie mäßig auf Zug und Biegung beanspruchten Bauteilen eingesetzt werden. Eine volle Ausnutzung auf Zug bei großen Durchmessern ist aufgrund großer Verformungen und großer Rissbreiten nur eingeschränkt möglich.

Die charakteristische Streckgrenze liegt bei  $R_e = 670 \text{ N/mm}^2$ , die charakteristische Zugfestigkeit bei  $R_m = 800 \text{ N/mm}^2$ . Der Durchmesser der Bewehrungsstäbe reicht von  $d = 18 \text{ mm}$  bis  $d = 75 \text{ mm}$ .

Durch Kriech- und Schwindumlagerungen im Gebrauchszustand vom Beton in den Stahl kann der hochfeste Stahl bis zur Stauchgrenze voll ausgenutzt werden, die Tragfähigkeitsreserven im Beton nehmen zu.

Der hochfeste Stahl erfordert eine hohe Genauigkeit beim Einbau der Bewehrungsstäbe, zum Teil ist der Einbau mit dem Kran erforderlich. Eine Vereinfachung bei der Herstellung von Stützen stellt der Einsatz von vorgefertigten Bewehrungskörben oder von Fertigteilen dar.

Die Qualitätssicherung des hochfesten Bewehrungsstahls und der Komponenten erfolgt durch Eigen- und Fremdüberwachung. Transport, Lagerung und Montage sind zu dokumentieren bzw. von geschultem Personal durchzuführen.

Der Brandschutz bei Stützen wird kritischer wegen der geringeren Querschnittsabmessungen, großen Bewehrungsdurchmessern, der ungeschützten Betonschicht außerhalb der Bewehrung, des großen Schlankheitsgrads und einer hohen Lastausnutzung. Aus diesem Grund werden dem Beton Polypropylenfasern beigemischt, um die Gefahr von Betonabplatzungen im Brandfall zu minimieren.

#### Weiterführende Informationen:

Siehe folgende Quellen:

Falkner, H.; Gerritzen, D.; Jungwirth, D.; Sparowitz, L.: Das neue Bewehrungssystem; Druckglieder mit hochfestem Betonstahl SAS 670/800, Teil I: Entwicklung, Versuche, Bemessung und Konstruktion. Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), Heft 5, S. 304-317.

Bachmann, H.; Benz, M.; Falkner, H.; Gerritzen, D.; Wlodkowski, H.: Das neue Bewehrungssystem, Druckglieder mit hochfestem Betonstahl SAS 670/800, Teil II: Opernturm Frankfurt – Anwendung. Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), Heft 8, S. 530-540.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmlicher Betonstahl)

##### Vorteile:

- Verringerung des Querschnitts von Stahlbeton-Bauteile

##### Nachteile:

- Durch reduzierte Stützenquerschnitte kann das Durchstanzen in den Decken und in der Bodenplatte kritisch werden.
- Erforderliche hohe Genauigkeit beim Einbau von Bewehrungsstäben.

**Anwendungsbarriere:**

- Erforderliche hohe Genauigkeit beim Einbau von Bewehrungsstäben
- Aufwendige erforderliche Qualitätssicherung

**Relative Einschätzung:**

|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |
|---------------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|--------------|--|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | sehr niedrig |  |
|                           |           |  |           |  |              |  |              |  |

|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre |
|                    |          |          |          |          |          |          |          |           |

|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |
|-----------------------|-----------|--|-----------|--|--------------|--|-------|--|
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch |  | eher hoch |  | eher niedrig |  | keine |  |
|                       |           |  |           |  |              |  |       |  |

|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |
|-------------------|-----------|--|----------------|--|-------------|--|---------------|--|
| <b>Marktreife</b> | Forschung |  | Pilotumsetzung |  | Kleinserien |  | Massenprodukt |  |
|                   |           |  |                |  |             |  |               |  |

|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |
|----------------------|---------------|--|---------------|--|----------|--|----------|--|
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht |  | eher schlecht |  | eher gut |  | sehr gut |  |
|                      |               |  |               |  |          |  |          |  |

### 10.1.3 Betonsandwichfassade als Aussteifungselement



Abbildung 2: Montage der aussteifenden Lochfassade beim Telekom Center München (Foto Ed.Züblin AG)

Durch die Verwendung von Betonfassaden mit tragenden Lochscheibenelementen kann die Gebäudeaussteifung alleine durch die Fassade erfolgen und das Gebäude flexibler genutzt werden.

Die Betonsandwichfassade wird aus einzelnen geschosshohen Fertigteilen zusammengesetzt. Diese bestehen aus einer Tragschale, einer Dämmschicht und einer statisch nichttragenden Vorsatzschale. Je nach statischen, wärme- und brandschutztechnischen Anforderungen besteht das dreischichtige Sandwichwandelement in der Regel aus 10 -

20 cm Tragschicht, 6 -12 cm Wärmedämmung und 7 - 10 cm bewehrter Vorsatzschicht.<sup>163</sup>

Die Abtragung der Horizontallasten erfolgt über die Tragschicht der Fassade. Besonderes Augenmerk gilt der Ausbildung des Anschlusses an die Deckenscheibe oben und unten. Über die horizontalen Fugen müssen die Schubkräfte übertragen werden. Dies kann beispielsweise über Reibung, in höher beanspruchten Fugen über Dollen oder eine Verzahnung geschehen.

Auch in den vertikalen Fugen treten Schubkräfte auf, die durch eine Querbewehrung oder andere geeignete Verbindungsmittel übertragen werden müssen.<sup>164</sup>

Die Stiele in der Lochfassade müssen die Querkräfte aus den Horizontallasten in beiden Richtungen übertragen können.

#### Weiterführende Informationen:

Siehe folgende Quellen:

Hierlein, E.; Tillmann, M.; Brandt, J.; Rösel, W.; Schwerm, D.; Stöffler, J.: Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau, Grundlagen für die Planung. FDB – Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbauer e.V. 2009.

Bachmann, H.; Steinle, A.; Hahn, V.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau; Betonkalender 2009; Ernst & Sohn, 2009.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Bauweise)

##### Vorteile:

- Flexiblere Nutzbarkeit des Gebäudes

##### Nachteile:

- Keine bekannt

##### Anwendungsbarriere:

- Keine Anwendungsbarriere bekannt

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**10.2 Reduktion des Instandhaltungs- und Pflegeaufwands**

**10.2.1 Oberflächenschutz: Silikonharzbasierte Fassadenfarbe**



Abbildung 95: Einsatz verschmutzungs-unempfindlicher Siliconharz-Fassadenfarbe bei einem Gebäude in Duisburg (Caperol)

Bei silikonharzbasierter Fassadenfarbe bilden organisch vernetzte Nano-Quarz-Partikel ein dichtes, mineralisch hartes, dreidimensionales Quarz-Netzwerk. Dieses macht die Farbe regenabweisend, luftschadstoffresistent und zugleich hoch wasserdampfdurchlässig. Der scheinbare Widerspruch zwischen wasserabweisender Qualität und Durchlässigkeit für Wasserdampf lässt sich durch den Einsatz der Nano-Quarz-Partikel erklären die für Wasser undurchlässig jedoch für Wasserdampf durchlässig sein können. Atmungsaktive Fassaden schützen Gebäude gegen Schimmelbildung und sorgt für ein angenehmes Klima in Innenräumen.

Silikonharzbasierte Fassadenanstriche eignen sich besonders für Beschichtungen auf Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) sowie auf allen mineralischen und kunstharzgebundenen Oberflächenputzen. Sie bieten einen guten Schutz vor

Algen- und Pilzbefall.

**Weiterführende Informationen:**

Es gibt mehrere Anbieter von silikonharzbasierter Fassadenfarbe, die sich auch schon seit längerem auf dem Markt etabliert haben.

Besonders gut geeignet sind silikonharzbasierte Fassadenfarben aufgrund ihrer Wasserdampfdurchlässigkeit für Sanierungen und Denkmalschutz.



**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Fassadenfarben)

**Vorteile:**

- Hohe Haltbarkeit (Regen und Luftschadstoffe).
- Gute Wasserdampfdurchlässigkeit.
- Schützen vor Algen und Schimmelpilze.

**Nachteile:**

- Erfordert spezielle Reinigung (Gefahr des Abriebs / der Ablösung der Fassadenfarbe).

**Anwendungsbarriere:**

- Keine bekannt

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**10.2.2 Mikrostrukturierte Beschichtung**

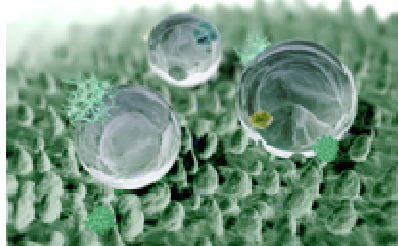


Abbildung 96: Lotus-Effekt  
 (www.beton.org)

Mikrostrukturierte Beschichtungen erhöhen die Kratzfestigkeit von Materialien und verbessern deren schmutzabweisende Eigenschaften sowie deren Langzeitbeständigkeit bei intensiven Beanspruchungen.

Das bekannteste Beispiel einer mikrostrukturierten Beschichtung im Bauwesen sind Fassadenfarben mit Lotuseffekt, durch die Fassaden durch einfache Beregnung sauber gehalten werden können.

Grundsätzlich unterscheidet man Sol-Gel-Verfahren, Vakuum- und Plasmaverfahren sowie die Anwendung hochvernetzter UV-gehärteter Nano-Lacke.<sup>165</sup> Sol-Gel-Verfahren werden nur für hochqualitative (hochpreisige) Nischenprodukte eingesetzt. Vakuum- und Plasmaverfahren sind durch das Verfahren auf eher kleine Bauteile beschränkt. Grenzen für UV-härtende Lacke sind insbesondere im Einsatz für komplexe Bauteile, da bei diesen die Trocknung über UV-Strahlen erheblich erschwert wird.



**Weiterführende Informationen:**

Fassadenfarben mit Lotuseffekt sind umstritten, da sie erheblich teurer als herkömmliche Lacke sind und die Wirksamkeit nur begrenzt nachzuweisen ist. In anderen Bereichen setzt sich die mikrostrukturierte Beschichtung von Oberflächen immer weiter durch. Insbesondere bei Kleinteilen (bspw Fliesen) kann sie zu einer erheblichen Senkung des Reinigungsaufwandes führen.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Fassadenfarbe)**Vorteile:**

- Verbesserung der Beständigkeit (Kratzfestigkeit).
- Schmutzabweisung.

**Nachteile:**

- Höhere Kosten (Investitionskosten) für hochqualitative Beschichtungen.

**Anwendungsbarriere:**

- Höhere Kosten und umstrittene Wirksamkeit.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 10.2.3 Photokatalytische Gläser und Fliesen



Abbildung 97: Bioclean® von Saint-Gobain Glass ([www.saubere-fenster.com](http://www.saubere-fenster.com))

Die photokatalytische Wirkung von Titandioxyd wird oft für selbst reinigende Gläser verwendet. Dabei wird das Titandioxyd (oder ein anderes Material mit ähnlichen Funktionen) meist kurz nach der Glasschmelze in das heiße Material eingebrannt. Auf diese Weise entsteht eine selbst reinigende Beschichtung, bei der Schmutzpartikel durch UV-Einstrahlung derart umgewandelt werden, dass sie mit Wasser einfach abgewaschen werden können.

Die Deutsche Steinzeug Cremer & Breuer AG bietet unter dem Namen Hydrotect Fliesen mit photokatalytischer Wirkung an.<sup>166</sup> Die Hydrotect Beschichtung wird im keramischen Herstellungsverfahren bei hohen Temperaturen eingebrannt und verbindet sich so mit der Oberfläche. Hydrotect zeichnet sich aus durch:

- Antibakterielle Wirkung: Titanoxid wirkt als eingebrannter Katalysator und zersetzt in einem photokatalytischen Prozess Bakterien, Pilze, Algen und Moose.
- „Easy to Clean“: Durch eine hydrophile Beschichtung der Oberfläche perlt Schmutz und Wasser ab.
- Verbesserung des Raumklimas: Durch die photokatalytische Wirkung werden Gerüche abgebaut.

#### Weiterführende Informationen:

Die photokatalytische Wirkung der Hydrotect-Fliesen, die schon durch normale Raumbeleuchtung oder natürliches Licht aktiviert wird, bleibt laut Hersteller dauerhaft erhalten. Damit sind sie auch als Wand- und Bodenfliesen geeignet.

Als Beispiel für photokatalytisches Glas kann SGG-Bioclean von Saint Gobain genannt werden<sup>167</sup>. Unter [www.saubere-fenster.com](http://www.saubere-fenster.com) (Stichwort „Wie funktioniert selbstreinigendes Glas?“) findet sich eine gute Darstellung der Funktionsweise von Saint-Gobain Bioclean® Scheiben.

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Fliesen und Gläser)

##### Vorteile:

- Senkung des Reinigungsaufwandes.
- Verbesserung des Raumklimas (Abbau schädlicher und unangenehmer Gerüche).
- Antibakterielle Wirkung.

##### Nachteile:

- Höhere Kosten im Vergleich zu unbeschichteten Fliesen und Gläsern.

##### Anwendungsbarriere:

- Investitionskosten

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

**10.3 Nutzungsflexibilität des Gebäudes**

Durch eine verstärkte Nachfrage nach einer flexiblen Nutzung von Gebäuden wächst auch der Markt für Gebäude die auf dem Modul- und Containerbauweise basieren. Heutzutage lassen sich durch modulare Konzepte sowohl Zellen- oder Kombibüros oder klassische Büro- oder Organisationsmodelle gestalten.

Durch die Vereinheitlichung der Bauweise mit standardisierten und ggf. transportablen Modulen eignet sich Modul- und Containerbau für eine hochgradig industrialisierte Fertigung. Hierdurch können Gebäude effizienter unter industriellen Bedingungen gefertigt werden.

Ein weiterer Ansatz zur Steigerung der Flexibilität einer Immobilie ist die Minimierung der Anzahl von Stützen, Trennwänden und Unterzügen. Hierfür kann eine Hohlkörperdecke durch die Reduktion des Eigengewichts und somit größere Spannweiten einen Beitrag leisten.

**10.3.1 Mobile Elemente: Modul- und Containerbau**



Abbildung 98: Beispiele für Mobile Elemente (www.heinkel-modulbau.de)

Mobile Elemente werden hauptsächlich eingesetzt, wenn sich die Anforderungen an Flächenbedarf und Raumaufteilung in relativ kurzen Zeitabschnitten ändern können bzw. wenn ein hoher Grad an Mobilität notwendig ist. Sie eignen sich für den Einsatz bei Bürogebäuden, der Gastronomie, in Bildungsstätten oder Sanitär- und Sozialeinrichtungen.

Generell ist die Größe mobiler Elemente auf die Standardmaße von Containern abgestimmt, um den Transport möglichst effizient zu gestalten. Mobile Elemente ermöglichen neue Geschäftsmodelle im Bauwesen durch die ortsunabhängige Vermietung, die Umnutzung oder den Weiterverkauf mobiler Elemente. Herausforderungen mobiler Elements sind standardisierte Verbindungen und Anschlusssysteme sowie die steigende Komplexität der Gebäudeautomatisierung.

Bei großen Gebäuden, die auf mobilen Elementen basieren, besteht auch die Möglichkeit, die

Produktion an den Bauort zu verlegen und auf diesem Weg Transportkosten einzusparen.

**Weiterführende Informationen:**

Mobile Elemente für den Modul- oder Containerbau existieren auf dem Markt in den verschiedensten Nutzungs-, Qualitäts- und Preisausprägungen. Hierfür werden verschiedenste Materialien verwenden, u.a. Holz-, Stahl- oder Hochleistungsbetonkonstruktionen. Mit der Einschränkung standardisierter Schnittstellen sowie der Transportfähigkeit können die mobilen Elemente meist zu einem hohen Grad entsprechend spezifischer Anforderungen individualisiert werden.<sup>168,169,170</sup>

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Bauweise)

**Vorteile:**

- Flexible Gestaltung und Umbau von Gebäuden über mobile und modulare Elemente.
- Kosten- und Bauzeiteinsparung durch industrielle Fertigung.

**Nachteile:**

- Begrenzte Möglichkeiten zur individuellen Gebäudegestaltung.
- Grenzen in der Gestaltung komplexer Gebäudetechnik durch standardisierte Schnittstellen.

**Anwendungsbarriere:**

- Begrenzte Anwendungsbereiche

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

### 10.3.2 Hohlkörperdecke



Abbildung 99: Betondecken aus Leichtbeton mittels Kugel-Hohlkörper ([www.ecodesign-beispiele.at](http://www.ecodesign-beispiele.at))

Bei Hohlkörperdecken werden Hartplastikhohlkugeln von ca. 30 cm Durchmesser in die Betondecke eingelegt und mit Beton umgossen. Die Hohlkörper reduzieren das Eigengewicht der Flachdecke bis zu 30% verglichen mit einer konventionellen Massivdecke von gleicher Tragkraft. Die Verminderung des Decken-Eigengewichts erlaubt es, die Dimensionen der vertikalen Tragelemente zu reduzieren. Das reduzierte Decken-Eigengewicht hat einen positiven Einfluss auf die erforderliche Gründung des Gebäudes. So kann z. B. die Anzahl, resp. die Länge der Pfähle reduziert werden. Das verminderte Decken-Eigengewicht führt zu geringeren Durchbiegungen.

#### Weiterführende Informationen:

Cobix-Flachdecke: Verglichen mit konventionellen, einachsigen Hohlkörperdecken, erfolgt der Lastabtrag bei der cobix-Flachdecke in zwei Richtungen und ist deshalb biaxial. Der Grundriss der Decke ist frei wählbar und nicht durch lineare Auflager eingeschränkt. Dies erhöht auch die architektonischen Gestaltungsmöglichkeiten.<sup>171</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Massive Betondecke)

##### Vorteile:

- Geringeres Eigengewicht (bis 30% leichtere Decken)
- Größere Spannweiten ohne Unterzüge (mehr als 18 m); flache Untersicht
- Flexibler Grundriss (bis 40% weniger Stützen)
- Reduzierung des Betonvolumens und somit Reduktion des Zementverbrauchs (CO<sub>2</sub>-relevant)

##### Nachteile:

- Verträglichkeit mit Bauteilaktivierung ist zu prüfen

##### Anwendungsbarriere:

- Noch relativ unbekannt

#### Relative Einschätzung:

|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |
|--------------------|-----------|----------|-----------|----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| Investitionskosten | sehr hoch |          | eher hoch |          | eher niedrig |          | sehr niedrig |           |
|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |
| Lebensdauer        | <2 Jahre  | <5 Jahre | 10 Jahre  | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre     | >50 Jahre |
|                    |           |          |           |          |              |          |              |           |



|                      |               |                |             |               |  |  |  |  |
|----------------------|---------------|----------------|-------------|---------------|--|--|--|--|
|                      |               |                |             |               |  |  |  |  |
| <b>Marktreife</b>    | Forschung     | Pilotumsetzung | Kleinserien | Massenprodukt |  |  |  |  |
| <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht | eher schlecht  | eher gut    | sehr gut      |  |  |  |  |

## 11 Themenfeld 11: Prozesse/Verfahren

Nicht nur der Einsatz innovativer Bauprodukte und TGA-Systeme leistet einen wichtigen Beitrag bei der Steigerung der Ressourceneffizienz von Gebäuden. Auch die Art und Weise der Planung und Ausführung sind eine grundlegende Voraussetzung für die Realisierung einer ganzheitlich nachhaltigen Bauweise.

### 11.1 Optimierung von Planung und Bauprozessen

#### 11.1.1 geoJETTING (Geothermie)



Abbildung 100: Vergleich zwischen Geojetting (links) und dem klassischen Verfahren (rechts) ([www.portal-management.eu](http://www.portal-management.eu))

Bei geoJETTING handelt es sich um ein neuartiges Bohrverfahren für die Geothermie. Damit wird ein einfacher und schneller Einbau von Erdwärmetauschern ermöglicht.

Bei diesem Bohrverfahren wird die Erdsonde durch das noch im Boden befindliche Bohrgestänge eingebracht und anschließend verpresst. Diese Vorgehensweise spart nicht nur einen Arbeitsgang ein, sondern garantiert gleichzeitig durch die optimale Positionierung der Erdsonde auch höchste Effizienz bei der Nutzung von Erdwärme.

Im rotierenden Bohrkopf sorgen Wasserdüsen, die mit bis zu 1.000 bar Wasserdruck arbeiten, dafür, dass der Vortrieb nicht nur schnell, sondern auch sauber durchgeführt werden kann. Während bei herkömmlichen Bohrverfahren in erheblichen Mengen Bohrgut anfällt, wird der Boden bei geoJETTING nahezu vollständig aufgelöst und mit dem Wasser in die Porenräume des Umgebungsgesteins verdrängt.

Da sich mit dem Verfahren auch Schrägbohrungen realisieren lassen, ist ein Umsetzen des Bohrgerätes für die Erstellung mehrerer Bohrlöcher nicht notwendig.<sup>172</sup>

#### Weiterführende Informationen:

Das Kompetenzzentrum für Erdwärme GeothermieZentrumBochum forscht und berät zum Thema geoJETTING ([www.geothermie-zentrum.de](http://www.geothermie-zentrum.de)). 2008 war das geoJETTING-Verfahren bereits mit dem Innovationspreis RuhrAward 2030 des Initiativkreises Ruhrgebiet ausgezeichnet worden.<sup>173</sup>

Durchgeführt wird die Bohrtechnologie von der Vaillant geoSysteme GmbH, welche 2008 als Joint Venture der Hochschule Bochum und der Firma Vaillant gegründet wurde.<sup>174</sup>

#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Bohrverfahren)

##### Vorteile:

- Effizienzsteigerung (4-5 mal schnellere Bohrgeschwindigkeit)<sup>175</sup>



|   |                           |                |              |               |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
|---|---------------------------|----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|--------------|-------|-------------------|-----------|----------------|-------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|----------|----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Unabhängig von Klima, Tages- oder Jahreszeit</li> <li>▪ Das Gestein wird aufgrund der schneidenden Kraft des Wassers durch die im Bohrkopf befindlichen Düsen vollständig aufgelöst (kein oder wenig Bohrklein).</li> </ul>  |                           |                |              |               |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spezielle Bohrer und Know-how werden benötigt</li> </ul>   |                           |                |              |               |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Anwendungsbarriere:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verfügbarkeit der Bohrgeräte</li> <li>▪ Zusätzliches Know-how erforderlich</li> </ul>   |                           |                |              |               |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Relative Einschätzung:</b> <table border="1" data-bbox="186 705 1388 772"> <tr> <td><b>Investitionskosten</b></td> <td>sehr hoch</td> <td>eher hoch</td> <td>eher niedrig</td> <td>sehr niedrig</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="186 801 1388 869"> <tr> <td><b>Lebensdauer</b></td> <td>&lt;2 Jahre</td> <td>&lt;5 Jahre</td> <td>10 Jahre</td> <td>15 Jahre</td> <td>20 Jahre</td> <td>30 Jahre</td> <td>40 Jahre</td> <td>&gt;50 Jahre</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="186 898 1388 965"> <tr> <td><b>Betriebskosten</b></td> <td>sehr hoch</td> <td>eher hoch</td> <td>eher niedrig</td> <td>keine</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="186 994 1388 1061"> <tr> <td><b>Marktreife</b></td> <td>Forschung</td> <td>Pilotumsetzung</td> <td>Kleinserien</td> <td>Massenprodukt</td> </tr> </table> <table border="1" data-bbox="186 1090 1388 1158"> <tr> <td><b>Marketingwert</b></td> <td>sehr schlecht</td> <td>eher schlecht</td> <td>eher gut</td> <td>sehr gut</td> </tr> </table> | <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch      | eher hoch    | eher niedrig  | sehr niedrig | <b>Lebensdauer</b> | <2 Jahre | <5 Jahre  | 10 Jahre | 15 Jahre | 20 Jahre | 30 Jahre | 40 Jahre | >50 Jahre | <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch | eher hoch | eher niedrig | keine | <b>Marktreife</b> | Forschung | Pilotumsetzung | Kleinserien | Massenprodukt | <b>Marketingwert</b> | sehr schlecht | eher schlecht | eher gut | sehr gut |
| <b>Investitionskosten</b>   | sehr hoch                 | eher hoch      | eher niedrig | sehr niedrig  |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Lebensdauer</b>  | <2 Jahre                  | <5 Jahre       | 10 Jahre     | 15 Jahre      | 20 Jahre     | 30 Jahre           | 40 Jahre | >50 Jahre |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Betriebskosten</b>   | sehr hoch                 | eher hoch      | eher niedrig | keine         |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Marktreife</b>   | Forschung                 | Pilotumsetzung | Kleinserien  | Massenprodukt |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht             | eher schlecht  | eher gut     | sehr gut      |              |                    |          |           |          |          |          |          |          |           |                       |           |           |              |       |                   |           |                |             |               |                      |               |               |          |          |

## 11.2 Gebäudevermarktung

### 11.2.1 Fassadensimulation (Werbung am Bau)



Abbildung 101: Beispiel für eine Fassadensimulation (Quelle: <http://www.neumarkt-dresden.de/image1/baustellenfotos/dez05/27.jpg>)

Sogenannten Werbe-blow-ups werden immer häufiger genutzt, um an publikumswirksamen Stellen die durch Baugerüste geschaffenen Flächen als Werbeflächen zu nutzen. Für solche Großplakate werden an Top-Standorten bis zu 100.000 € im Monat bezahlt. Diese Einnahmequelle wird von Bauherren während der Bau- oder Umbauphase eines Gebäudes gerne genutzt, um laufende Kosten z.B. für die Finanzierung mit abzudecken.

Die großen Werbeflächen werden jedoch von den Genehmigungsbehörden skeptisch betrachtet. Bereits ab einer Fläche von 1 m<sup>2</sup> sind die Werbebanner durch die Behörden freizugeben. Hieraus ergibt sich ein offensichtlicher Konflikt.

Als Lösung dienen immer häufiger Gebäudesimulationen, die im Maßstab 1:1 darstellen, wie das Objekt nach Fertigstellung oder Sanierung aussehen wird. Die Öffentlichkeit hat somit die



Möglichkeit, sich frühzeitig ein Bild zu machen. Z.B. kann deutlich gemacht werden, wie sich das Gebäude in den städtebaulichen Kontext integriert. Darüber hinaus kann die Meinung der Öffentlichkeit dokumentiert werden und bei ggf. negativen Reaktionen können noch Veränderungen in der Gestaltung vorgenommen werden.

Bei der Vermarktung des Gebäudes kann die frühzeitige Darstellung des Endzustandes ebenfalls hilfreich sein. Der Nutzer oder Käufer hat schon sehr früh eine konkrete Vorstellung, wie „sein“ Haus später aussieht. Als Ergänzung zu den Visualisierungen in den Prospekten, bieten die Blow-ups die Möglichkeit, sich das Ergebnis im Maßstab 1:1 anschauen zu können.

Die Kosten für die Erstellung der Fassadensimulation (Netzvynil) liegen bei 30 bis 100 € /m<sup>2</sup>. Diese Kosten werden je nach Standort durch die Einnahmen aus der Vermietung der Werbeflächen deutlich kompensiert.

Gedruckt werden die Blow-ups im Digitaldruck auf licht- und luftdurchlässiges Netzvynil. Am Beispiel eines Neubaus am Markplatz in Mainz betrug die Dauer für die Produktion der 5 m breiten Bahnen inklusive Drucken, Verschweißen und Konfektionieren der Ösen 14 Tage. Die Vorlaufzeit dafür betrug 5 Wochen.

Die Montage der Vynilgitter erfolgt meist entweder an Baugerüsten mittels Expanderseilen oder bei Gebäudesanierung auch über Drahtseilrahmen direkt an die Fassade. Nach der Demontage werden Bohrlöcher wieder versiegelt, und die Fassade strahlt wieder in ihrem ursprünglichen Glanz. Werden Räume während der Sanierungszeit genutzt, sollte auf die Maschengröße geachtet werden, um für eine ausreichende Belichtung zu sorgen.

Entsorgt werden die Folien durch Einlagerung oder möglichst umweltschonende Verbrennung. Wiederverwendet werden können die Folien aufgrund der starken Witterungsbeanspruchung. Recycling spielt in Deutschland noch keine große Rolle.

(Quelle Immobilien Zeitung 18.05.2009)

#### **Weiterführende Informationen:**

Die fubac Media Solutions AG ist Spezialist für großflächige Außenwerbe- und Printprojekte ([www.fubacmedia.de](http://www.fubacmedia.de))

#### **Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Werbung)**

##### **Vorteile:**

- Gebäude kann daraufhin überprüft werden ob es in das städtebauliche Konzept passt und ob es Zustimmung in der Bevölkerung findet
- Höhere Werbeeinnahmen
- Wirtschaftlich durch Werbeeinnahmen
- Optisch schöner als überdimensionale Werbeplakate

##### **Nachteile:**

- Folien können nicht wiederverwendet oder recycelt werden

##### **Anwendungsbarriere:**

- Höhere Investitionskosten

##### **Relative Einschätzung:**



|                       |               |          |                |          |              |          |               |           |
|-----------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
|                       |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>    | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>     | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>  | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

## 12 Themenfeld 12: Sanitär

Einige Entwicklungen im Sanitärbereich wie der Einsatz von Wasserlosen Systemen stellen verschiedene Konzepte in Frage, die heutzutage Standard im Sanitärbereich sind. Dies kann sowohl zu einer Reduzierung der Betriebskosten durch Energieeinsparungen als auch zu einem effizienteren Umgang mit Ressourcen wie Wasser beitragen.

### 12.1 Betriebskostenreduzierung

Betriebskostenreduzierungen im Sanitärbereich sind in Bürogebäuden durch eine hohe Frequentierung der Sanitäreinrichtungen oft schon durch geringfügige Maßnahmen zu erreichen. Im Folgenden wird ein innovatives System zum Händetrocknen der Firma Dyson dargestellt.

#### 12.1.1 Händetrockner Dyson Airblade

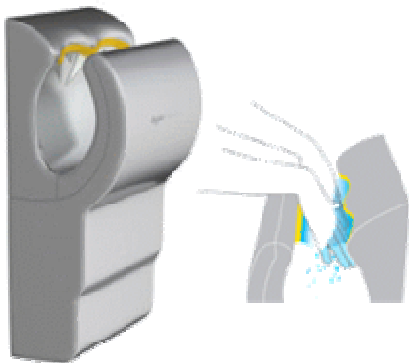


Abbildung 103: Prinzip des Dyson Airblade (Dyson GmbH)

Herkömmliche Warmlufthändetrockner erweisen sich teuer im Unterhalt, da sie für den Trocknungsprozess mit warmer Luft viel Energie benötigen. Bei Papierhandtüchern entstehen hohe Betriebskosten bei der Erneuerung und Entsorgung des Papiers. Auch Handtuchrollen müssen ständig ersetzt werden, was ebenfalls zu erhöhten Betriebskosten führt.

Bei dem von Dyson entwickelten Dyson Airblade, wird Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit über einen Motor der die Luft durch zwei 0,3 mm breite Schlitze presst, erzeugt (über 640 km/h). Dieser bläst unerwünschte Feuchtigkeit von den Händen und trocknet sie innerhalb 10 Sekunden vollständig. Dadurch soll laut

des Herstellers 80% weniger Energie verbraucht werden gegenüber herkömmlichen Lufthändetrocknern. Die Leistungsaufnahme des Motors beträgt 1600W. Zusätzlich wird durch einen HEPA-Filter, der 99,9 der Bakterien aus der Luft entfernt bevor diese auf die Hände des Benutzers trifft und durch eine berührungsfreie Benutzung eine optimale

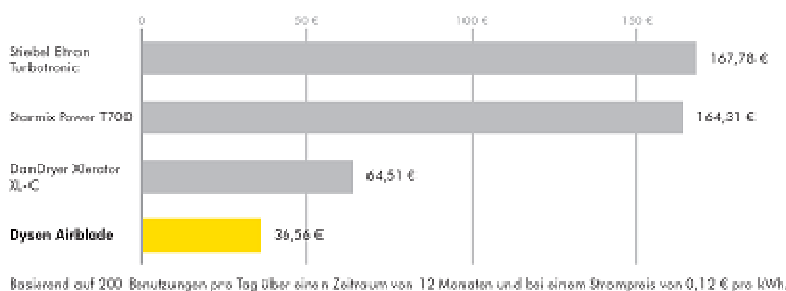


Abbildung 102: Jährliche Betriebskosten verschiedener Luftnändetrockner (Dyson GmbH)

Hygiene gewährleistet.<sup>176</sup>

#### Weiterführende Informationen:<sup>177</sup>

Ausgehend von 200 Benutzungen pro Tag und einem Strompreis von 0,12 € pro kWh betragen

die jährlichen Unterhaltskosten laut Hersteller 36,56 €. Diese sind sehr viel geringer gegenüber herkömmlichen Lufthändetrocknern. Bei Kosten für Papierhandtücher von 0,01 € pro Handtuch und 2 Handtüchern pro Benutzung betragen die Betriebskosten für Papierhandtücher dagegen 1460 €/Jahr.

Die Investitionskosten eines Dyson Airblade belaufen sich auf ca. 1000 €.

Ein Dyson Airblade Händetrockner hat folgende Abmessungen (H x B x T):

AB01: 642 x 303 x 248 mm

AB03: 663 x 307 x 247 mm

### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: Papierhandtücher)

#### Vorteile:

- Energiesparend im Vergleich zu Warmlufthändetrocknern
- Niedrige Betriebskosten
- Sehr Hygienisch
- Schnelle Trocknung der Hände

#### Nachteile:

- Große Abmessungen des Gerätes
- Hohe Investitionskosten
- Wand muss hohes Gewicht eines Gerätes von 16 kg tragen können
- Höherer Geräuschpegel gegenüber Papierhandtücher
- Aufwändigere Montage

#### Anwendungsbarriere:

- Niedriger Bekanntheitsgrad
- Lautstärke

#### Relative Einschätzung:

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

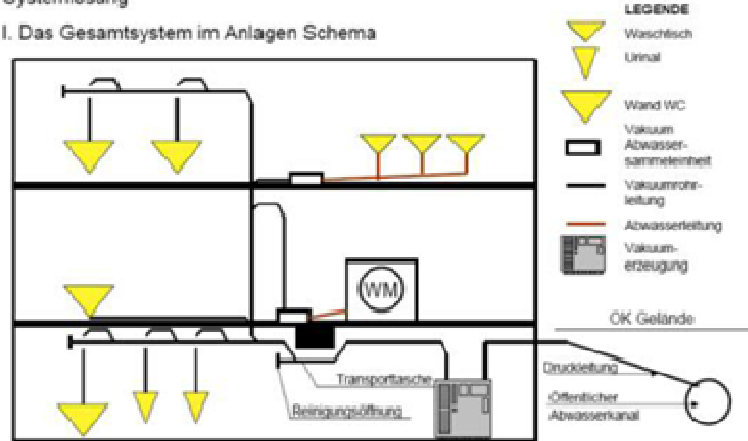
## 12.2 Wassersparteknik

Wasserbasierte Toiletten haben sich im Laufe des letzten Jahrhunderts in Europa durchgesetzt. In den letzten Jahren werden diese jedoch verstärkt in Frage gestellt und zum Teil durch verschiedene andere Systeme ersetzt. Hierzu gehören Vakuumsysteme die mit kleineren Rohrdimensionen auskommen und das Potenzial haben den Wasserverbrauch erheblich zu senken.

### 12.2.1 Vakuum Sanitärtechnik

#### Systemlösung

#### I. Das Gesamtsystem im Anlagen Schema



#### LEGENDE

- Waschtisch
- Urinal
- Wand WC
- Vakuum Abwassersammelstation
- Vakuumrohrleitung
- Abwasserleitung
- Vakuumerzeugung

Die Pumpeneinheit erzeugt im Abwasserrohrnetz einen Unterdruck. Dieser reicht aus um Abwasser über eine Höhendifferenz von 4,5 m zu heben. Dadurch ist man nicht auf ein Gefälle der Rohrleitung angewiesen, was die Leitungsführung flexibler gestalten lässt. Außerdem können erheblich kleinere Rohrdimensionen verwendet werden (z. B. WC mit DN 40). Als Abwasserleitungen können am Markt verfügbare Produkte eingesetzt werden wie z. B. Abflussrohre der Firma Loro.

Abbildung 104: Anlagenschema mit Vakuum Sanitärtechnik

Aufgrund des Unterdrucks muss das Rohrleitungsnetz druckfest ausgeführt werden.

Angeschlossen werden können Vakuum Wand-Toiletten, Vakuum Urinale und je nach Bedarf verschieden große Vakuum Abwassersammeleinheiten als Interface für die Entwässerung aller weiteren Entwässerungsgegenstände wie Waschtische, Bodenabläufe, Wannen und/oder Duschen, Spül- oder Waschmaschinen und Freispiegelentwässerungsanlagen.<sup>178</sup>

Die an das System angeschlossenen Sanitäröbekte werden über ein Absaugventil entwässert. Dieses wird nach einer einstellbaren Zeit angesteuert nach öffnen des Wasserventils. Sowohl Absaugventil als auch Wasserventil werden von einem Steuerungsrechner angesteuert, der es erlaubt die Dauer der Ansteuerung zu variieren.

#### Weiterführende Informationen:

Anbieter für Vakuum- Sanitärinstallation ist z. B. Roediger Vacuum ([www.roevac.com](http://www.roevac.com)) oder VacuSaTec ([www.vacusatec.de](http://www.vacusatec.de)).

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: mit Wasserdruck/-Höhenunterschied funktionierende Abwassersysteme)

**Vorteile:**

- Einsparen von Trinkwasser durch einen geringen Wasserverbrauch pro Spülung von max. 1,2 Liter
- Flexiblere Verlegung des Abwasserrohrs
- Geringere Betriebskosten bei Wasser- und Abwasserkosten
- Geringere Nennweiten des Abwasserrohrs

**Nachteile:**

- Aufwändigere Installation, da Abwasserleitung komplett druckdicht sein muss. Außerdem müssen spezielle Spülkästen verwendet werden

**Anwendungsbarriere:**

- Niedriger Bekanntheitsgrad

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## 13 Themenfeld 13: Wärmedämmung opaker Bauteile

### 13.1.1 Vakuumisulationspaneele

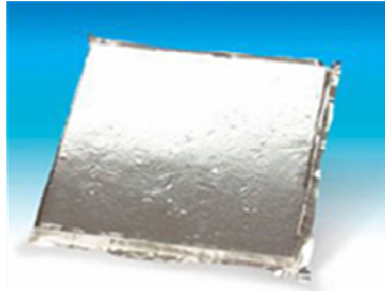


Abbildung 105: Beispiel eines Vakuumisolationselements (va-Q-tec AG)

Vakuumisulationspaneele sind dünne Hochleistungsdämmstoff-Platten, bei denen der Inhalt in einer metallisierten Hüllfolie vakuumverpackt ist (ähnlich wie bei einer Kaffeepackung). Die Funktionsweise eines Vakuumisulationspaneels kann man anhand des Beispiels einer doppelwandigen Thermoskanne erklären, bei der das wärmeleitende Medium Luft im Hohlraum entfernt wurde. Dadurch wird eine deutliche Reduktion des Wärmetransportes erreicht. Der Vorteil von Vakuumisulationspaneelen liegt in eben dieser geringen Wärmeleitfähigkeit (5 bis 10 Mal niedriger als bei konventionellen Wärmedämmstoffen).

Vakuumisulationspaneele (VIP) bestehen prinzipiell aus einem offenporigen Kernmaterial (z. B. hitzebeständige Kieselsäure) mit niedrigem Innendruck und einer dünnen, metallbeschichteten, gasdichten Hülle (Kunststoffolie).

Sehr gut lassen sich Vakuumisulationspaneele in Pfosten-Riegel- und auch Element-Fassaden integrieren. Ihre Stärke kann dabei der Glasdicke angepasst werden. Ein Nachteil von VIP ist die bisher geringe Lebensdauer (Angaben variieren von 5-30 Jahren) eines Vakuumisulationspaneels<sup>179</sup>, der von den Klimatischen Bedingungen sehr stark abhängt (die Durchlässigkeit. Heutzutage erhältliche Vakuumisulationspaneele sind durch die eingeführte Montageverfahren sind weniger empfindlich gegenüber mechanische Verletzungen geworden, die besonders häufig bei der Montage vor Ort entstanden. Die heutige Lösung mit Fertigteilen, die aus den eigentlichen VIP und einer Schutzschicht (z. B. Holzplatte) bestehen, wurde in Deutschland erprobt und bestätigt (s.u.).

#### Weiterführende Informationen:

Eine Möglichkeit, um Vakuumisulationspaneele unversehrt einzubauen, bietet ihr Einbau in Fertigteile. Im Förderprogramm EnSan, Energetische Verbesserung der Bausubstanz, des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) wurde eine Lösung mit Fertigteilen für die Sanierung dreier Wohngebäude in Hofheim entwickelt, eingesetzt und überprüft.<sup>180</sup>

Laut der Vaku-Isotherm GmbH<sup>181</sup>, einem Anbieter von VIP dämmt ein 20mm Vakuum-Paneel so gut, wie 200mm hochwertige Mineralfaser (MF) oder 150mm Polyurethanhartschaum (PUR). Bei ihren VIP kann der Kern für jede Anwendung in der notwendigen Größe und Form produziert werden.<sup>182</sup>

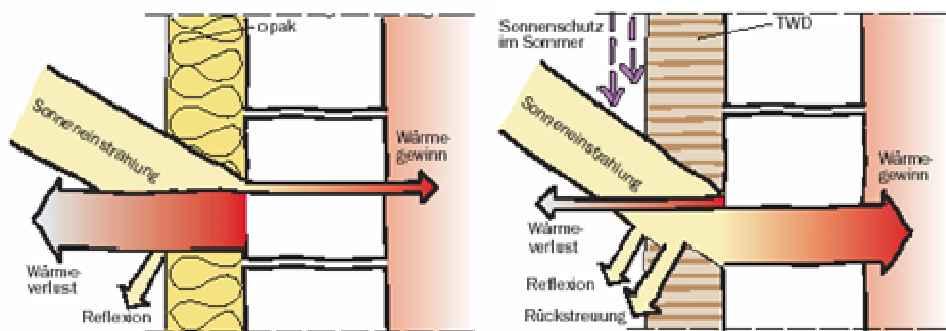
#### Bewertung (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Außenwanddämmungssysteme)

##### Vorteile:

- Bessere Wirkung als bei herkömmlichen Dämmstoffen (VIP hat 5-10 Mal niedrigere Leitfähigkeit als die herkömmlichen Dämmstoffe)

|  |               |          |                |          |              |          |               |           |
|--|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Wesentlich geringere Materialstärke.</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Nachteile:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Empfindlichkeit (wenn die Außenhülle solcher Paneele verletzt wird und der Dämmkern belüftet wird, sinkt die Effizienz deutlich).</li> <li>Sehr hohe Fertigungskosten.</li> <li>Zeitaufwändige Montage.</li> </ul> |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Anwendungsbarriere:</b>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Hohe Fertigungs- und Montagekosten</li> <li>Fehlende Langzeiterfahrung (insbesondere im Bezug auf die Dauerhaftigkeit)</li> </ul>   |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Relative Einschätzung:</b>  |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Investitionskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>   | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>  | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>  | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>   | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

### 13.1.2 Transparente Wärmedämmung (TWD) vor Massivwand



Das Prinzip der transparenten Wärmedämmung beschreibt der Fachverband Transparente Wärmedämmung e.V. folgendermaßen: „Sonnenstrahlen dringen durch die lichtdurchlässige (transluzente) Fassade auf die massive Wand. Diese speichert die Sonnenstrahlung als Wärme und gibt sie zeitverzögert an den Raum ab: Tagsüber wird es nicht zu heiß, nachts kühlen die Räume nicht aus.“

Transparente Wärmedämmung kann durch Waben- bzw. Kapillarstrukturen, Hohlkammerstrukturen oder Aerogele (lichtdurchlässiges Granulat) realisiert werden. Sie ermöglicht die Nutzung



von Strahlungsenergie bei gleichzeitiger Isolierung gegen weitere Außeneinflüsse. Hierbei wird eine schwarze Absorberschicht auf der Hauswand verwendet und mit transparenter Wärmedämmung verkleidet.

Einer Schätzung des Fachverbandes Transparente Wärmedämmung e.V. ([www.umweltwand.de](http://www.umweltwand.de)) zufolge können hierdurch ca. 100 KW/h pro m<sup>2</sup> und Jahr eingespart werden (im Vergleich zum Einsatz der herkömmlichen opaken Wärmedämmung).

**Weiterführende Informationen:**

Der Fachverband Transparente Wärmedämmung bietet eine Übersicht verschiedener Anbieter von transparenter Wärmedämmung<sup>183</sup>.

Transparente Wärmedämmung hat zwar viele Vorteile gegenüber der opaken Dämmung, kann diese aufgrund der hohen Preise jedoch derzeit nicht ersetzen. Beim Einsatz von transparenter Wärmedämmung kann im Vergleich zu einer opaken Lösung mit einer Verdreifachung der Kosten in der Bauphase gerechnet werden<sup>184</sup>.

**Bewertung** (Referenzprodukt/-technologie: herkömmliche Wärmedämmung)

**Vorteile:**

- Nutzung von Solarenergie ohne Rohre und Kabel (Ästhetik)
- Die Strahlungswärme der Wand wird von den meisten Menschen als angenehm empfunden
- Im Winter, bei tief stehender Sonne, dringen die Strahlen nahezu vollständig bis zum Mauerwerk ein. Im Sommer, bei hochstehender Sonne, wird der Energieeintrag stark verringert, wobei Sonnenschutz erforderlich ist.
- Die transparente Wärmedämmung kann während des Rohbaus oder der Sanierung montiert werden
- Keine Wartungskosten

**Nachteile:**

- Hohe Investitionskosten.
- Zusätzlicher Sonnenschutz erforderlich.

**Anwendungsbarriere:**

- Wirtschaftlichkeit

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

## Quellenverzeichnis

### Literaturquellen

- Bachmann, H. et al.: Das neue Bewehrungssystem, Druckglieder mit hochfestem Betonstahl SAS 670/800, Teil II: Opernturm Frankfurt – Anwendung. Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), Heft 8, S. 530-540.
- Bachmann, H. et al.: Bauen mit Betonfertigteilen im Hochbau; Betonkalender 2009; Ernst & Sohn, 2009.
- Bauer, M. et al.: Green Building - Konzepte für nachhaltige Architektur. München: Callwey, 2007.
- Deutscher Beton- und Bautechnik-Verein e.V. (Hrsg.): DBV-Merkblatt Hochfester Beton. Berlin: dbv, Fassung März 2002.
- Falkner, H. et al.: Das neue Bewehrungssystem; Druckglieder mit hochfestem Betonstahl SAS 670/800, Teil I: Entwicklung, Versuche, Bemessung und Konstruktion. Beton- und Stahlbetonbau 103 (2008), Heft 5, S. 304-317.
- Habermann, K.; Gonzalo, R.: Energieeffiziente Architektur: Grundlagen für Planung und Konstruktion. Heidelberg: Birkhäuser-Verlag, 2006.
- Hierlein, E. et al.: Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau, Grundlagen für die Planung. FDB – Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbauer e.V. 2009
- Hierlein, E. et al.: Betonfertigteile im Geschoss- und Hallenbau, Grundlagen für die Planung. FDB – Fachvereinigung Deutscher Betonfertigteilbauer e.V. 2009.
- Hegger, M. et al.: Energie Atlas – Nachhaltige Architektur. Basel: Birkhäuser – Verlag für Architektur, 2008.
- Krauter, M.: Viel Licht, wenig Strom - Beleuchtung und Energieeffizienz. In: greenbuilding, 2009, 01-02/2009.
- Lang, U.: Energieeffiziente Gebäude durch selektiven Sonnenschutz. Rolladen-Tore-Sonnenschutzsysteme. Zeitschrift Rolladen – Tore – Sonnenschutzsysteme, Jg.43 Nr.1, 2008.
- Neumann, D. et al.: Baukonstruktionslehre 1. Darmstadt/Erfurt: Teubner Verlag, 2005.
- Russ, C.: Sonnenschutz - Schutz vor Überwärmung und Blendung. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2008.
- Schürmann, H.: Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden. Berlin: Springer, 2005.
- Theiß, E.: Regenerative Energietechnologien – Anlagenkonzepte, Anwendungen, Praxistipps. Stuttgart: IRB-Verlag, 2008.
- Voss, K. et al. (Hrsg.): Bürogebäude mit Zukunft: Konzepte, Analysen, Erfahrungen. Köln: TÜV-Verlag, 2005.
- Wirth, S.: Gebäudetechnische Systemlösungen für Niedrigenergiehäuser. Berlin: Ernst & Sohn, 2003.

## **Internetquellen**

- AG Prof. Hartmann - Nanodaten.de: [www.nanodaten.de](http://www.nanodaten.de) (Stand Juni 2009).
- Architekten24: <http://www.architekten24.de> (Stand Juni 2009).
- Architekturportal detail.de: [www.detail.de](http://www.detail.de) (Stand Juni 2009).
- Archmatics – Baulinks: [www.bauzentrale.com](http://www.bauzentrale.com) (Stand Juni 2009).
- Arnold Zentralverwaltungsgesellschaft mbH: [www.glaswerke-arnold.de](http://www.glaswerke-arnold.de) (Stand Juni 2009).
- ASUE - Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.: <http://asue.de> (Stand Juni 2009).
- Automation: <http://www.automationnet.de> (Stand Juni 2009).
- Baunetz Wissen: [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de) (Stand Juni 2009).
- BINE Informationsdienst: [www.bine.info](http://www.bine.info) (Stand Juni 2009).
- Bosy online: <http://www.bosy-online.de> (Stand Juni 2009).
- Brandchemie GmbH: [www.brandchemie.de/holzbrandschutz\\_pigmentiert\\_weiss.html](http://www.brandchemie.de/holzbrandschutz_pigmentiert_weiss.html) (Stand Juni 2009).
- Brandschutz.org: [www.brandschutz.org](http://www.brandschutz.org) (Stand: Mai 09).
- Buco Wärmetauscher International GmbH: [www.buco-international.com](http://www.buco-international.com) (Stand Juni 2009).
- Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR (Hrsg.): Leitfaden Nachhaltiges Bauen, 2001: [www.bmvbs.de/Bauwesen/Arbeitshilfen\\_-Leitfaeden\\_-Ric/Leitfaeden-,3016.4165/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.htm](http://www.bmvbs.de/Bauwesen/Arbeitshilfen_-Leitfaeden_-Ric/Leitfaeden-,3016.4165/Leitfaden-Nachhaltiges-Bauen.htm) (Stand Juni 2009)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): [www.enob.info](http://www.enob.info) (Stand Juni 2009).
- Bundesverband Solarwirtschaft: [www.solarwirtschaft.de](http://www.solarwirtschaft.de) (Stand Juni 2009).
- Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V.: [www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de) (Stand Juni 2009).
- cci print, Zeitschrift: [zent-frenger.de](http://zent-frenger.de) (Stand Juni 2009).
- Clauss Markisen Projekt GmbH: [www.clauss-markisen.de](http://www.clauss-markisen.de) (Stand Juni 2009).
- Concentrix Solar GmbH: [www.concentrix-solar.de](http://www.concentrix-solar.de) (Stand Juni 2009).
- ColorSol®, Forschungsbericht, Fraunhofer ISE, 2007: [www.colorsol.de](http://www.colorsol.de) (Stand Juni 2009).
- Colt International GmbH: [www.colt-info.de](http://www.colt-info.de) (Stand Juni 2009).
- CSG Solar AG: [www.csgsolar.com](http://www.csgsolar.com) (Stand Juni 2009).
- Dena: <http://www.energieeffizienz-im-service.de> (Stand Juni 2009).
- Der Solarserver – Internetportal zur Sonnenenergie: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de) (Stand Juni 2009).
- Deutsche Bundesstiftung Umwelt: [www.dbu.de](http://www.dbu.de) (Stand Juni 2009).
- Deutsche Energie-Agentur dena: [www.dena.de](http://www.dena.de) (Stand Juni 2009).
- Deutsche-Handwerker.info: [www.deutsche-handwerker.info](http://www.deutsche-handwerker.info) (Stand Juni 2009).
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen DGNB: [www.dgnb.de](http://www.dgnb.de) (Stand Juni 2009)
- Deutsches Ingenieur Blatt: <http://dib.schiele-schoen.de> (Stand Juni 2009).

- Drapilux GmbH: [www.drapilux.com](http://www.drapilux.com) (Stand Juni 2009).
- Dura Tufting GmbH: [www.dura-air.de](http://www.dura-air.de) (Stand Juni 2009).
- Dysonairblade: <http://www.dysonairblade.de> (Stand Juni 2009).
- EControl-Glas GmbH & Co. KG: [www.econtrol-glas.de](http://www.econtrol-glas.de) (Stand Juni 2009).
- Effiziento: <http://www.effiziento.de> (Stand Juni 2009).
- Energiesparen im Haushalt: [www.energiesparen-im-haushalt.de](http://www.energiesparen-im-haushalt.de) (Stand Juni 2009).
- Energytech: <http://www.energytech.at> (Stand Juni 2009).
- EnOB: Forschung für Energieoptimiertes Bauen: [www.enob.info](http://www.enob.info) (Stand 2009).
- Ergonomisch Arbeiten: <http://www.ergonomisch-arbeiten.de> (Stand Juni 2009).
- Etherma: <http://www.etherma.com> (Stand Juni 2009).
- Fachinstitut Gebäude-Klima e.V: [www.fgk.de](http://www.fgk.de) (Stand Juni 2009).
- Fachverband Transparente Wärmedämmung: <http://umwelt-wand.de> (Stand Juni 2009).
- Fafco S.A.: [www.fafco.ch](http://www.fafco.ch) (Stand Juni 2009).
- Fiberline Composites A/S: [www.fiberline.de](http://www.fiberline.de) (Stand Juni 2009).
- Firma KaMo Systemtechnik: [www.kamo.de](http://www.kamo.de) (Stand Juni 2009).
- Fraunhofer inHaus-Zentrum: [www.inhaus-zentrum.de](http://www.inhaus-zentrum.de) (Stand Juni 2009).
- Fraunhofer IRB: [www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de) (Stand Juni 2009).
- Fraunhofer ISE: <http://www.ise.fraunhofer.de> (Stand Juni 2009).
- Gebäude-Energieberater: [www.geb-info.de](http://www.geb-info.de) (Stand Juni 2009).
- Gesellschaft deutscher Chemiker: <http://www.aktuelle-wochenschau.de> (Stand Juni 2009).
- Gesellschaft für Tageslichtsysteme mbH: <http://www.retrosolar.de> (Stand Mai 09).
- Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V.: [www.gre-inform.de](http://www.gre-inform.de) (Stand Juni 2009).
- Green Building: <http://greenbuilding-planning.schiele-schoen.de> (Stand Juni 2009).
- Grundfos GmbH: [www.grundfos.de](http://www.grundfos.de) (Stand Juni 2009).
- Haustechnik Dialog: <http://www.haustechnikdialog.de> (Stand Juni 2009).
- Hoesch Contecna Systembau GmbH: [www.thyssen-solartec.com](http://www.thyssen-solartec.com) (Stand Juni 2009).
- I12 GmbH – Strom Magazin: [www.strom-magazin.de](http://www.strom-magazin.de) (Stand Juni 2009).
- IDW Informationsdienst Wissenschaft: [www.idw-online.de](http://www.idw-online.de) (Stand Juni 2009).
- Ingenieurbüro Arbeitsgestaltung und Baubiologie Peter Rauch: [www.projet2001.de](http://www.projet2001.de) (Stand Juni 2009).
- Ingenieurgesellschaft für Bauplanung Chemnitz GmbH: <http://www.aic-chemnitz.de> (Stand Juni 2009).
- Innovations Report: [www.innovations-report.de](http://www.innovations-report.de) (Stand Juni 2009).
- Infomationsportal nachhaltiges Bauen, BMVBS: [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) (Stand Juni 2009)
- Interferenz Lichtsysteme GmbH: [www.interferenz.de](http://www.interferenz.de) (Stand Juni 2009).

Josef Gartner GmbH: [www.josef-gartner.de](http://www.josef-gartner.de) (Stand Juni 2009).

Kermi GmbH: [www.kermi.de](http://www.kermi.de) (Stand Juni 2009).

Koch Solardach GmbH: [www.koch-solardach.de](http://www.koch-solardach.de) (Stand Juni 2009).

Köster Lichtplanung: <http://www.koester-lichtplanung.de> (Stand Juni 2009).

Macomass Verkaufs AG: <http://www.macomass.com> (Stand Juni 2009).

Mall Umweltsysteme GmbH: [www.mall.info](http://www.mall.info) (Stand Juni 2009).

Nexus GmbH: [www.bausatz-bhkw.de](http://www.bausatz-bhkw.de) (Stand Juni 2009).

Newsportal für die Immobilienbranche: <http://www.immoclick24.de> (Stand Juni 2009).

Ökolüfter: <http://www.oekoluefter.de> (Stand Juni 2009).

Oktalux GmbH: [www.okalux.de](http://www.okalux.de) (Stand Juni 2009).

OpenPR: [www.openpr.de](http://www.openpr.de) (Stand Juni 2009).

Physik Journal: <http://www.pro-physik.de> (Stand Juni 2009).

ROM-Umweltstiftung: <http://rom-umwelt-stiftung.de> (Stand Juni 2009).

SES Smart Energy Solutions: <http://www.smart-es.eu> (Stand Juni 2009).

Siemens Building Technologies: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com> (Stand Juni 2009).

Sigfried Stahn GmbH: <http://www.stahn-gmbh.de> (Stand Juni 2009).

Sika GmbH: [www.sika.com](http://www.sika.com) / [www.unitherm-online.de](http://www.unitherm-online.de) (Stand Juni 2009).

Siteco Beleuchtungstechnik GmbH: [www.siteco.de](http://www.siteco.de) (Stand Juni 2009).

Solarserver: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de) (Stand Juni 2009).

Sto AG: <http://sto.de> (Stand Juni 2009).

Synthesa Chemie GmbH: (Stand Juni 2009).

ThyssenKrupp Bausysteme GmbH: [www.tks-bau.com](http://www.tks-bau.com) (Stand Juni 2009).

TU Dresden: <http://tu-dresden.de> (Stand Juni 2009).

Treffpunkt Fenster: [www.treffpunkt-fenster.de](http://www.treffpunkt-fenster.de) (Stand Juni 2009).

Universität Hannover: <http://uni-hannover.de> (Stand Juni 2009).

Universität Kassel: [www.uni-kassel.de](http://www.uni-kassel.de) (Stand Juni 2009).

Universität Stuttgart – Institut für Tragkonstruktionen und konstruktives Entwerfen: [www.itke.uni-stuttgart.de](http://www.itke.uni-stuttgart.de) (Stand Juni 2009).

Uponor GmbH: [www.uponor.de](http://www.uponor.de) (Stand Juni 2009).

Vaku-Isotherm GmbH: [www.vaku-isotherm.de](http://www.vaku-isotherm.de) (Stand Juni 2009).

Verlagsmarketing Stuttgart GmbH – Immoclick 24: [www.immoclick24.de](http://www.immoclick24.de) (Stand Juni 2009).

Wärmepumpe: <http://www.waermepumpe.de> (Stand Juni 2009).

Warema Renkhoff GmbH: [www.warema.de](http://www.warema.de) (Stand Juni 2009).

Weirdscience-Club: <http://www.weirdscience-club.de> (Stand Juni 2009).

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**



Westdeutscher Rundfunk (WDR): [www.wdr.de](http://www.wdr.de) (Stand Juni 2009).

Wilo SE: [www.wilo.de](http://www.wilo.de) (Stand Juni 2009).

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie: [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org) (Stand Juni 2009).

Zortea: [www.zortea.at](http://www.zortea.at) (Stand Juni 2009).

Zukünftige Technologien Consulting der VDI Technologiezentrum GmbH:  
[www.zukuenftigetechnologien.de](http://www.zukuenftigetechnologien.de) (Stand Juni 2009).

**4.4 Evaluierungsprojekte über neue Gebäudetechnologien aus dem Netzwerk**  
**Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch**



# RESSOURCENEFFIZIENTE GEBÄUDE FÜR DIE WELT VON ÜBERMORGEN

**Evaluierungsprojekte über neue Gebäudetechnologien aus dem  
Netzwerk Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch**

im Auftrag der  
**Ed. Züblin AG**

Stand: 22.06.2009

Projekt-Nr. E08337

Projektleitung: Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung: Dr.-Ing. Robert Himmler

Dipl.-Ing. (FH) Carsten Silberberger

## INHALTSVERZEICHNIS

|   |            |
|---|------------|
| <b>1. EINLEITUNG</b>  | <b>3</b>   |
| <b>2. METHODE</b>   | <b>3</b>   |
| 2.1. Forschungsprojekte im Netzwerk MNF                                       | 3          |
| 2.1.1 EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäuden [1]             | 3          |
| 2.1.2 TwinSkin – Doppelfassaden auf dem Prüfstand [2]                         | 12         |
| 2.1.3 DeAL – Evaluierung dezentraler außenwandintegrierter Lüftungsgeräte [4] | 23         |
| 2.2. Gebäudebeschreibungen  | 36         |
| 2.3. Beurteilung der Gebäude- und Energiekonzepte                             | 39         |
| 2.3.1 Steckbriefe   | 39         |
| 2.3.2 Erfahrungen mit den Gebäuden  | 40         |
| <b>3. ZUSAMMENFASSUNG DER TECHNIKKONZEPTE</b>                                 | <b>41</b>  |
| <b>4. GEBÄUDESTECKBRIEFE</b>  | <b>46</b>  |
| <b>5. LITERATUR</b>   | <b>102</b> |

## 1. EINLEITUNG

Die mit diesem Bericht vorliegende Studie wurde im Rahmen des Forschungsprojekts „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ durchgeführt. Ziel der Studie ist es technische Innovationen im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden im Alltagsbetrieb zu untersuchen und hinsichtlich Energieeffizienz, Nutzerkomfort, Nutzerzufriedenheit und Praxistauglichkeit zu beurteilen.

Dabei wurde auf die Forschungsergebnisse von Gebäude-Evaluierungsprojekten zurückgegriffen, welche im Netzwerk Prof. Dr.-Ing. M. N. Fisch durchgeführt wurden. Die vorliegende Studie ist demnach als Meta-Studie aufzufassen.

## 2. METHODE

### 2.1. Forschungsprojekte im Netzwerk MNF

#### 2.1.1 EVA - Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäuden [1]

##### Einleitung

Das Projekt verfolgte das Ziel, die Energieeffizienz und den Nutzerkomfort in 19 modernen Bürogebäuden (Baujahr: nach 1993) im Betrieb zu evaluieren. Dazu wurden für alle Gebäude Bestandsaufnahmen durchgeführt und Energiekennwerte gebildet. Anschließend wurden in rund der Hälfte der Gebäude vertiefende Analysen durchgeführt. In Bezug auf die Energieeffizienz standen dabei die Beleuchtung und die mechanische Luftförderung im Mittelpunkt. Der Nutzerkomfort wurde durch Langzeit- und Kurz-Messungen sowie Nutzerbefragungen untersucht. Auf Basis des Monitorings und mit zusätzlichen Analysen der Gebäudeautomation wurden Optimierungspotenziale zur Verbesserung des Betriebs aufgezeigt. Die verschiedenen Methoden wurden anschließend hinsichtlich ihrer Effektivität qualitativ bewertet.

Im Gegensatz zu den komponentenorientierten Forschungsprojekten DeAL, WKSP oder Atrien steht in der EVA Studie nicht eine spezielle Technologie im Mittelpunkt, sondern die Prüfung inwieweit Energiekonzepte moderner Bürogebäude in der Praxis tatsächlich funktionieren. Aufgrund der Vielfalt der Energiekonzepte, können in Bezug auf das Forschungsprojekt REG keine verallgemeinernde Aussagen zu bestimmten Techniken gemacht werden. Das Forschungsprojekt EVA liefert jedoch wertvolle Hinweise inwieweit sich bestimmte innovative Energie- und Gebäudekonzepte im Betrieb bewährt haben oder nicht.

##### Investitionskosten

Der finanzielle Aufwand zur Erreichung einer hohen Energieeffizienz ist für die Entscheidung in Bauprojekten von großer Bedeutung. Deshalb wurden die Baukosten der Gebäude in EVA soweit möglich untersucht.

Die Baukostenermittlung wird durch die DIN 276 definiert. Zu den Neubaukosten von Verwaltungsgebäuden stehen zu Vergleichszwecken in Form gebäudebezogener Daten Referenzwerte aus folgenden Quellen zur Verfügung:

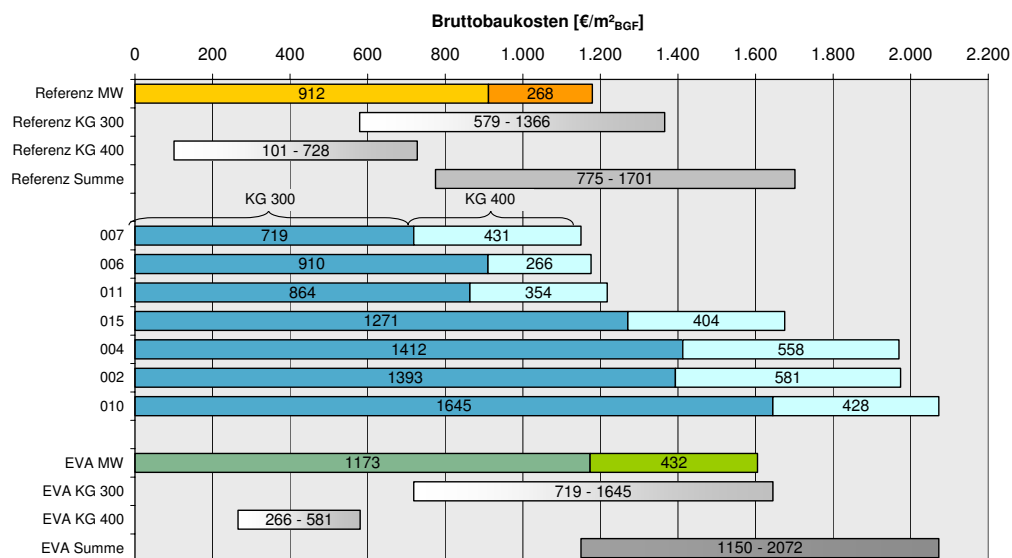
- Baukostenindex BKI
- PLANungs- und KOSTen-DATEN PLAKODA
- SolarBau: Monitor

Bei der Mittelwertbetrachtung liegen die Baukosten der EVA Gebäude in der Summe der Kostengruppen 300 und 400 um 35 % über dem Mittelwert des Referenzdatensatzes, siehe Tabelle 1.

**Tabelle 1. Baukostenvergleich EVA als Bruttobaukosten [€/ m<sup>2</sup> BGF].**

|                          | Gebäude-<br>Anzahl | Mittelwert<br>KG 300 | Mittelwert<br>KG 400 | Mittelwert<br>KG 300 / 400 |
|--------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| <b>Referenzdatensatz</b> | <b>304</b>         | <b>912</b>           | <b>268</b>           | <b>1.179</b>               |
| <b>EVA</b>               | <b>7</b>           | <b>1173</b>          | <b>432</b>           | <b>1.605</b>               |

Die Technikkosten der EVA Gebäude liegen sogar um 60% über dem Vergleichswert. Die Signifikanz einer Mittelwertbildung über 7 Gebäude ist allerdings nur gering. Die Werte verdeutlichen aber, dass die EVA-Gebäude offensichtlich mit vergleichsweise technikintensiven Konzepten umgesetzt wurden.



**Bild 1. Flächenspezifische Baukosten (brutto, bezogen auf die BGF).**

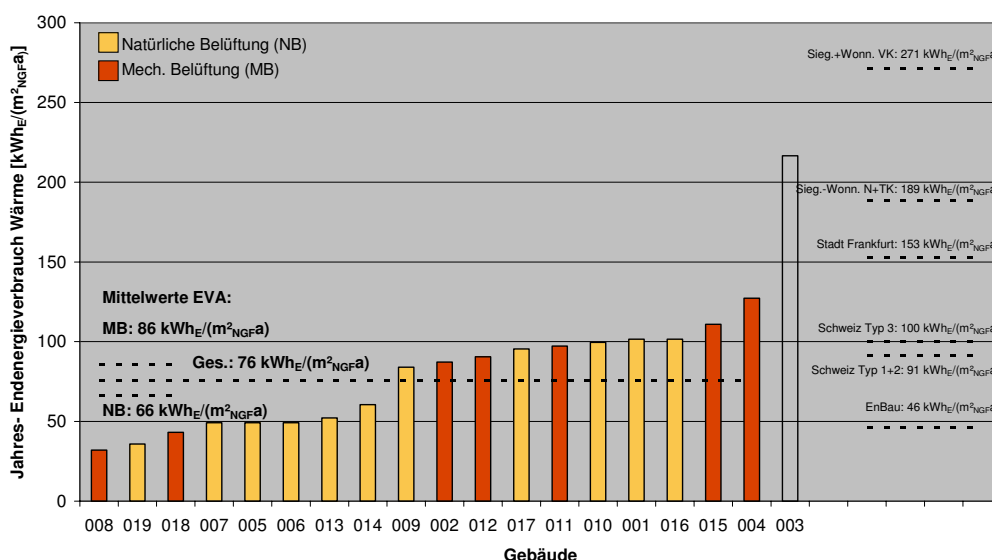
Drei Gebäude liegen in der Summe der Baukosten im Durchschnitt des Referenzdatensatzes, ein Gebäude am oberen Rand der Schwankungsbreite, weitere drei Gebäude weisen deutlich überdurchschnittliche Gesamtbaukosten mit sehr hohen Bauwerks- und Technikkostenanteilen am oberen Ende der Bandbreite auf, siehe Bild 1.

Ingesamt ist die Spanne der Baukosten sehr groß. Auch ohne detaillierte Analyse der Baukosten kann davon ausgegangen werden, dass die Kostenunterschiede nicht im Wesentlichen durch die Energiekonzepte bzw. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz verursacht wurden. Im Gegenteil legt ein Vergleich von spezifischen Baukosten und Jahres-Primärenergieverbrauch nahe, dass umgekehrt Gebäude mit höheren Baukosten – z.B. durch den umfangreicheren Einsatz von Anlagentechnik - auch einen höheren Energieverbrauch ausweisen.

## Betriebskosten

Im Rahmen von EVA wurden keine Wartungskosten ermittelt. Die Energiekosten können aus den gemessenen Energieverbräuchen für Wärme und Strom der Gebäude und den jeweils aktuellen Energiepreisen errechnet werden.

Bild 2 zeigt die spezifischen Jahres- Endenergieverbrauchswerte für Wärme für die EVA-Gebäude und Referenz-Kennwerte.

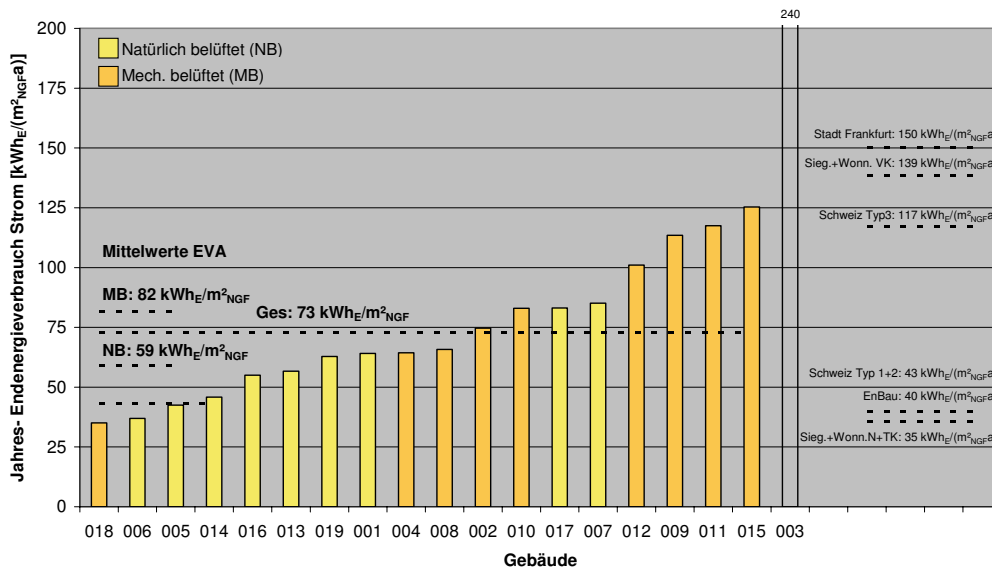


**Bild 2. Jahres-Endenergieverbrauch Wärme und Referenzkennwerte.**

Unter Vernachlässigung des Laborgebäudes 003 reichte die Spanne der Kennwerte von 32 bis 127 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Der Höchstwert lag damit um fast das 4-fache über dem des effizientesten Gebäudes, der Mittelwert bei 76 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Die Reduzierung des Wärmeverbrauchs gegenüber den Gebäuden der Studie von Siegel-Wonneberg, die in den 60er und 70er Jahren errichtet worden waren, ist erheblich. Sowohl die EVA-Gebäude mit Fensterlüftung mit einem Mittelwert von 66 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) als auch die mechanisch belüfteten mit einem Mittelwert von 87 kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) erreichten einen um rund den Faktor 3 niedrigeren

Wärmeverbrauch. Gegenüber den aktuellen Vergleichstudien liegen die Kennwerte der natürlich belüfteten Gebäude rund 25 % unter der Schweizer Studie (Typ 1+2), die mechanisch belüfteten 16 % unter der Schweizer Studie (Typ 3) und rund 45 % unter der Frankfurter Studie. Der Mittelwert der EVA-Gebäude von  $76 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  liegt jedoch rund 60 % über dem Mittelwert der EnBau-Demonstrationsprojekte von  $46 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ .

Bild 3 zeigt die spezifischen Jahres- Endenergieverbrauchswerte für Strom mit den entsprechenden Referenz-Kennwerten.



**Bild 3. Jahres-Endenergieverbrauch Strom und Referenzkennwerte.**

Unter Vernachlässigung des Laborgebäudes 003 reichte die Spanne der Kennwerte von 35 bis  $125 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Der Höchstwert lag damit um fast das 4-fach über dem des effizientesten Gebäudes, der Mittelwert aller Gebäude (ohne 003) bei  $73 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ . Der Vergleich mit den Gebäuden aus den 60er und 70er Jahren zeigt unterschiedliche Entwicklungen. Der Mittelwert der über die Fenster belüfteten EVA-Gebäude lag mit  $59 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  fast 70 % über dem Mittelwert der Klassen „nicht- und teil-klimatisierte Zellenbüros“ bei Siegel-Wonneberg. Selbst das effizienteste EVA-Gebäude erreichte mit  $35 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  nur den Mittelwert der älteren Gebäude. Der Mittelwert der Studie Siegel-Wonneberg für voll-klimatisierte Bürogebäude (Zellen, Misch- und Großraumbüros) von rund  $139 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  wurde dagegen von allen EVA-Gebäuden unterschritten, das Mittel lag mit  $87 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  fast 40 % unter dem der älteren Gebäude. Dies kann dahingehend interpretiert werden, dass erhebliche Verbesserungen der Energieeffizienz im Bereich der Raumluftechnischen Anlagen erreicht wurden, diese Verbesserung jedoch durch die energieintensive Nutzung von IT in den Gebäuden teilweise wieder ausgeglichen wurde. Dieser Effekt führt bei den nicht-klimatisierten Gebäuden zu einem deutlichen Anstieg des Gesamtverbrauchs. Im Vergleich zu den aktuellen Vergleichstudien liegen die Kennwerte der natürlich belüfteten Gebäude fast 40 % über der Schweizer Studie (Typ 1+2), die mechanisch belüfteten 30 % unter der Schweizer Studie (Typ 3) und rund 45 % unter der Frankfurter Studie.

Der Mittelwert der EVA-Gebäude von  $73 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$  liegt rund 80 % über dem Mittelwert der EnBau-Demonstrationsprojekte von  $40 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2_{\text{NGFA}})$ .

Die Bewertung der Gesamtenergieeffizienz hängt vom Standpunkt ab: die Ergebnisse der Gebäude zeigen eine deutliche Effizienzverbesserung in den letzten Jahreszehnten gegenüber Gebäuden, die vor der Einführung der Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen errichtet wurden. Die untersuchten Gebäude sind im Vergleich zu anderen aktuellen Studien etwas effizienter, in diesem Sinne jedenfalls keineswegs „Energiefresser“. Das Potenzial des technisch Möglichen, das in Demonstrationsgebäuden wie dem Energieforum umgesetzt wurde, wird jedoch insgesamt deutlich überschritten: Der Verbrauch der EVA-Gebäude liegt insgesamt um rund den Faktor 1,5 über den EnBau-Gebäuden. Bei der Kälteversorgung wurde festgestellt, dass die bei den Witterungsbedingungen in Deutschland mögliche Nutzung von direkter Kühlung über Rückkühlwerke in den Wintermonaten z.B. für die Kühlung von IT- Räumen im Betrieb kaum effektiv genutzt wird. Die Beleuchtungssysteme werden als überwiegend effizient nach dem Stand der Technik bewertet. Weitere Verbesserungen können durch einen verstärkten Einsatz von Präsenz und Tageslichtregelungen erreicht werden. Einsparpotenziale konnten bei den Lüftungsanlagen identifiziert werden, bei denen der Stromverbrauch zur Luftförderung durch eine Reduzierung der Betriebszeiten um teilweise mehr als 50 % gesenkt werden könnte.

## Chancen / Risiken

In den Gebäuden wurden zahlreiche Optimierungspotenziale festgestellt. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht der einzelnen Fehlfunktionen bzw. Maßnahmen getrennt nach nicht-/gering-investiven und investiven Maßnahmen.

**Tabelle 2.** *Übersicht über die Optimierungspotenziale und Maßnahmen. Die Zahl in Klammern gibt die Häufigkeit an, in der die Potenziale vorlagen. Einige Fehlfunktionen mit unklaren Ursachen konnten nicht zugeordnet werden.*

| Nicht-/gering-investiv (30)   | Investiv (22)   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Außentempersensoren defekt/fehlerhaft montiert (2)</li> <li>▪ Deaktivierte Sensorik und Aktorik im Raum</li> <li>▪ Energieintensive Befeuchtungsregelung</li> <li>▪ Fehlerhafte Referenzfühler zur Raumtemperaturregelung</li> <li>▪ Geringe Heizleistung der BKT durch flinkeren Betrieb der Heizkörper</li> <li>▪ Gleichzeitige Heizung und Nachtlüftung im Winter</li> <li>▪ Gleichzeitiges Heizen und Kühlen des Zweileiter-Systems</li> <li>▪ Keine Umschalthyterese für Heiz-/Kühlsysteme</li> <li>▪ Natürliche Lüftung der Büros zu den Grünhöfen</li> <li>▪ Natürliche Nachtlüftung</li> <li>▪ Nicht kalibrierte bzw. defekte MSR- und Anlagentechnik</li> <li>▪ Nutzung der Freien Kühlung (3)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Eingeschränkter Luftwechsel durch verändertes Raumkonzept</li> <li>▪ Geringe Hinterlüftung des außen liegenden Sonnenschutzes</li> <li>▪ Geringer mechanischer Luftwechsel</li> <li>▪ Hohe Ansaugtemperaturen der dezentralen Lüftungsgeräte im Sommer</li> <li>▪ Hohe Zulufttemperatur an den Fassadenöffnungen</li> <li>▪ Kältemaschinen für Teillastbetrieb überdimensioniert (2)</li> <li>▪ Keine separaten Heiz- /Kühlkreise für Nord- und Südfassaden</li> <li>▪ Keine thermisch aktiven Massen</li> <li>▪ Lüftführung im Raum unkomfortabel</li> <li>▪ Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung</li> <li>▪ Präsenz-/Tageslichtabhängige Regelung der Bürobeleuchtung (3)</li> <li>▪ Präsenzabhängige Regelung der</li> </ul> |

---

|  |   |
|--|---|
| ▪ Nutzung der Freien Kühlung der IT-Anlagen              | Beleuchtung in Büros                                      |
| ▪ Reduzierung der installierten Beleuchtungsleistung (5) | ▪ Präsenzbabhängige Regelung der Beleuchtung in WCs (5)   |
| ▪ Reduzierung der Laufzeiten der Lüftungsanlagen (4)     | ▪ Unklare Funktionen des Bedienpaneels in den Büros       |
| ▪ Reduzierung des mechanischen Luftwechsels              | ▪ Zusätzliche Dämmung der Bodenplatte über der Tiefgarage |
| ▪ Regelung der Atriumsklappen                            | ▪ Eingeschränkte Kühlfunktion der Betonkernaktivierung    |
| ▪ Regelung Sonnenschutz nur manuell                      | ▪ Geringe Vollbetriebsstunden des BHKWs                   |
| ▪ Sonnenschutzregelung Ostfassade unpräzise              |   |
| ▪ Zeitprogramme Lüftungsanlagen fehlerhaft               |   |

---

Insgesamt wurden in den Gebäuden 55 Fehlfunktionen bzw. Optimierungsansätze identifiziert. Für zukünftige Planungen werden folgende Empfehlungen aus der Bearbeitung abgeleitet:

Zum einen sollten Planungsziele hinsichtlich der Energieeffizienz in eindeutig prüfbar definierten Werten definiert werden. Konzeptzeichnungen, Simulationen und umfangreiche Berechnungsverfahren wie das der DIN V 18599 sind dazu nur bedingt geeignet, da sie messtechnisch nur bedingt überprüft, von Dritten nur schwer nachvollzogen werden können und im Betrieb immer durch abweichende Randbedingungen beeinflusst werden. Die Ziele sollten deshalb in einfacher und kompakter Form dokumentiert werden. Darüber hinaus sollten sie grundsätzlich in Kombination mit einem nachvollziehbaren Prüfverfahren dokumentiert werden, wie zum Beispiel der Bestimmung von PSFP-Werten durch Kurzzeit-Messungen der Leistungsaufnahme von Lüftungsanlagen im Betrieb. Eine entsprechende Dokumentation kann dann auch eine belastbarere Grundlage für die zurzeit offensichtlich nur unzureichend definierte Dienstleistung Energiemanagement im Rahmen des Facility Managements bilden. Zur Betriebsoptimierung komplexer Gebäudekonzepte ist die Nutzung von Daten der Gebäudeautomation zusammen mit einem effektiven Energie-Messkonzept von besonderer Bedeutung. Da dies im Betrieb nachträglich in der Regel nur mit vergleichsweise hohen Kosten umsetzbar ist, sollten Messkonzept, Datenerfassung und -export bereits in der Planung entwickelt werden. Die Inbetriebnahme sollte anschließend in Zusammenarbeit mit dem Energiedesigner oder Fachplaner und die Überprüfung der konzeptionellen Ziele mit Hilfe der vorgegebenen Prüfmethode erfolgen.

Durch das Nutzerverhalten wird der thermische Komfort erheblich beeinflusst. Weitere Effizienzsteigerungen sollten vor diesem Hintergrund geprüft werden. So muss bei der Planung von Lüftungsanlagen zur Wärmerückgewinnung die vom Nutzer gewollte Fensterlüftung berücksichtigt werden, da die Untersuchungen signalisieren, dass die Möglichkeit zur Einflussnahme von großer Bedeutung für den empfundenen Komfort ist. Weiterer Forschungsbedarf besteht dahingehend, wie Schnittstellen zur Einflussnahme effektiver gestaltet werden können, um ein sinnvollerer Verhalten der Nutzer zu gewährleisten.

## Werkzeuge zur Berechnung

Während der Bearbeitung von EVA sind in mehreren Projekten Werkzeuge und Methoden zur Betriebsanalyse entwickelt worden. Das Projekt OASE (Ebert-Ingenieure) stellt ein Werkzeug zur Visualisierung von Betriebsmustern der Gebäudeautomation vor. ModBen des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme entwickelt eine Methodik für ein systematisches Vorgehen bei der Betriebsoptimierung entlang eines Top-Down-Ansatzes. Das IGS startet als



Folgeprojekt von EVA die Entwicklung des Energie-Navigators, der u.a. Methoden des Datamining für regel- und musterbasierte Analysen zur Optimierung und kontinuierlichen Betriebsüberwachung einsetzen wird. Projekte dieser Art sollen in Zukunft im Forschungsschwerpunkt EnOB unter dem Dach des neuen Forschungsfelds EnBop – Energetische Betriebsoptimierung zusammengefasst werden.

### **Konzeptioneller Aufwand für die Alternativplanung**

Bei der Analyse der EVA Projekte zeigt sich, dass die innovativen Energiekonzepte im Rahmen eines integralen Planungsprozesses umgesetzt wurden. Der architektonische Entwurfsprozess wurde in der Regel von Anfang an durch einen Energiekonzeptionär begleitet, um technische Systeme sinnvoll mit dem Gebäude zu verbinden (z.B.: Betonkerntemperierung).

Der konzeptionelle Aufwand für eine Alternativplanung, d.h. die Umplanung eines konventionellen Gebäudekonzepts hin zu einem Niedrigenergiekonzept ist daher erheblich, wenn nicht sogar unmöglich.

### **Marketingwert und Kundennutzen**

Komfort und Wohlbefinden sind nicht nur aus physiologischen und psychologischen Gründen für jeden von uns wichtig, sondern sie spielen auch wirtschaftlich gesehen eine bedeutende Rolle, da beide Faktoren die Produktivität am Arbeitsplatz weitgehend beeinflussen können. Da die Personalkosten alle anderen Gebäudekosten einschließlich der Kosten für den Gebäudebetrieb um etwa das vierfache überschreiten, sind angemessene Arbeitsplatzbedingungen von größter Relevanz für den wirtschaftlichen Erfolg jedes Unternehmens.

Im Rahmen der Forschungsprojekte EVA und EnBau:MONITOR wurde deshalb von Seiten der Universität Karlsruhe zwischen Januar 2004 und September 2006 in insgesamt 17 Bürogebäuden in Deutschland eine Evaluation der Arbeitsplatzqualität bzw. der Nutzerzufriedenheit durchgeführt. Es konnte gezeigt werden, dass die Bewertungen „zu kalt“ oder „zu warm“ je nach Jahreszeit einen signifikant unterschiedlichen Einfluss auf die Zufriedenheit mit dem Raumklima haben. Ein Ergebnis ist, dass im Winter bei neutralem Temperaturvotum mehr Mitarbeiter zufrieden mit der Raumtemperatur sind als im Sommer. Obwohl auch im Sommer die meisten der untersuchten Gebäude im Rahmen der Befragungszeiträume Raumtemperaturen aufwiesen, die im Komfortbereich der ISO 7730 lagen, waren nur knapp 30 % aller befragten Nutzer „zufrieden“ oder „sehr zufrieden“ mit der Temperatur an ihrem Arbeitsplatz.

Außerdem wurde anhand der statistischen Auswertung Nutzerantworten statistisch belegt, dass die empfundene Raumtemperatur nur einen Einflussfaktor auf die Zufriedenheit mit dem Raumklima darstellt. So werden nicht wie zunächst angenommen bei höheren Außentemperaturen im Sommer auch entsprechend höhere Innenraumtemperaturen als angenehm empfunden. Die Nutzer sind im Gegenteil sogar bei ähnlichen Temperaturen wie

zur kalten Jahreszeit unzufriedener mit dem Raumklima im Sommer. Einen bedeutenden Faktor für die Zufriedenheit mit dem Raumklima - mehr noch als die empfundene Raumtemperatur selbst - stellt die wahrgenommene Einflussmöglichkeit auf die Raumtemperatur dar. Da der Temperaturunterschied zwischen Innen und Außen im Sommer geringer ist als im Winter, ist z.B. der Effekt auf die Raumtemperatur bei Öffnen des Fensters im Winter größer als im Sommer. Somit fühlen die Nutzer im Sommer eine geringere Rückkopplung ihres Versuches, auf die Raumtemperatur Einfluss zu nehmen. Zusätzliche Einflussfaktoren sind die empfundene Luftqualität und die empfundenen Luftfeuchte. Da diese jedoch nicht über Messwerte quantifiziert und in Zusammenhang mit den Nutzerbewertungen gebracht werden konnten, besteht hier noch ein eindeutiger Forschungsbedarf dahingehend, wie sich das Empfinden dieser beiden Raumklimaparameter zusammensetzt.

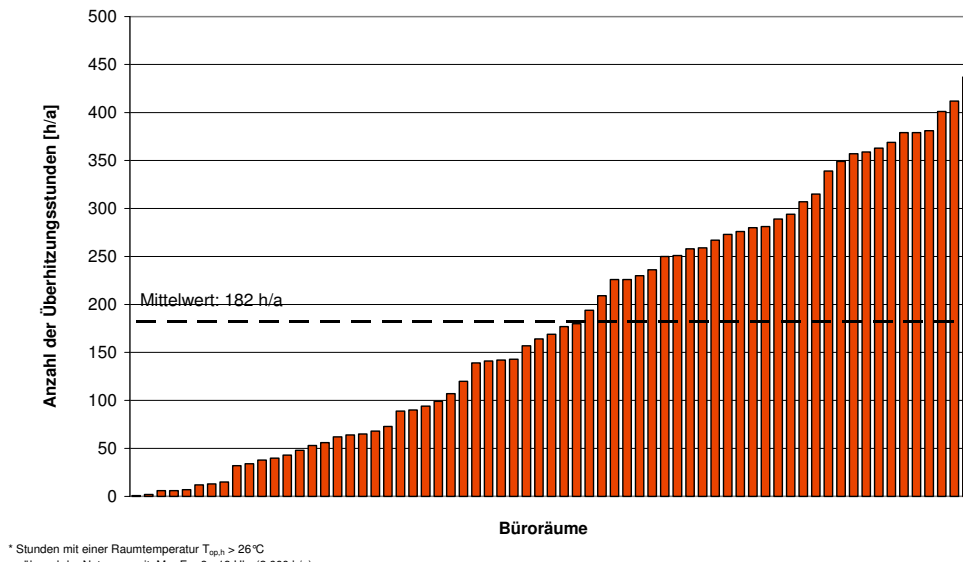
Die Ergebnisse der Diskriminanzanalyse unterstützen die Vermutung, dass längerfristige Erlebnisse bezüglich des Raumklimas eine Rolle bei der rückblickende Temperaturbewertung, aber vor allem auch bezüglich der Temperaturzufriedenheit spielen. Es konnte gezeigt werden, dass sich im Sommer die Gebäude eindeutig in zwei Gruppen einteilen lassen: die Gebäude ohne Kühlung und die Gebäude mit Kühlung. Dabei wurde zum einen die Raumtemperatur in den nicht gekühlten Gebäuden als wärmer empfunden und die Zufriedenheit mit dem Raumklima war im Mittel niedriger – selbst wenn während der Befragungszeiträume die gemessenen Temperaturen gleich waren bzw. nicht stark voneinander abwichen. Eine genauere Überprüfung diesbezüglich müsste noch anhand von zuverlässigen Langzeitmessungen stattfinden. Insgesamt wurde jedoch deutlich, dass von den untersuchten Gebäuden vor allem diejenigen mit Hybridkonzept, die dem Nutzer noch immer Eingriffsmöglichkeiten in das Raumklima gewähren, diesbezüglich am positivsten bewertet wurden.

Indem man die individuellen Zufriedenheitsparameter mit der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Arbeitsplatz korreliert, erhält man einen Wert für die geschätzte Wichtigkeit der einzelnen Parameter für die allgemeine Zufriedenheit (0 = gar nicht wichtig, 1 = sehr wichtig). Dies wurde am Beispiel der Temperaturzufriedenheit und deren Stellenwert für die Gesamtzufriedenheit für alle Gebäude und beide Jahreszeiten gezeigt. Eine solche Handlungsrelevanzmatrix kann für jeden einzelnen Zufriedenheitsparameter und seine Bedeutung für die Gesamtzufriedenheit nach Gebäuden gesondert dargestellt werden (siehe Einzelberichte).

Auf diese Weise erhält man ein Bewertungssystem, welches z. B. dem Facility Management bei der Optimierung des Gebäudebetriebs eine Unterstützung bietet, indem es einem die Rangfolge der Zufriedenheitsparameter in ihrer Wichtigkeit für die Gesamtzufriedenheit der Nutzer den mittleren Zufriedenheiten gegenüber stellt. Damit kann das Optimierungspotential für jeden einzelnen Parameter je Gebäude ermittelt werden. Man kann so auf einen Blick erkennen, wo die Schwachstellen im Gebäude aus Nutzersicht liegen. In Kombination mit den Mittelwerten der Zufriedenheit wird die Dringlichkeit, an einzelnen Dingen in Gebäuden etwas zu verändern und somit die Nutzerzufriedenheit zu erhöhen transparent für den Gebäudemanager. Dies beinhaltet nicht nur den Betrieb technischer Anlagen, sondern auch die Abstimmung zwischen Nutzerverhalten und dem jeweiligen Gebäudekonzept. Zudem stimmen die relevanten Parameter für die Gebäudeoptimierung i. d. R. mit den durch die Nutzer eingeschätzten Beeinträchtigungen der Produktivität bei der Arbeit überein.

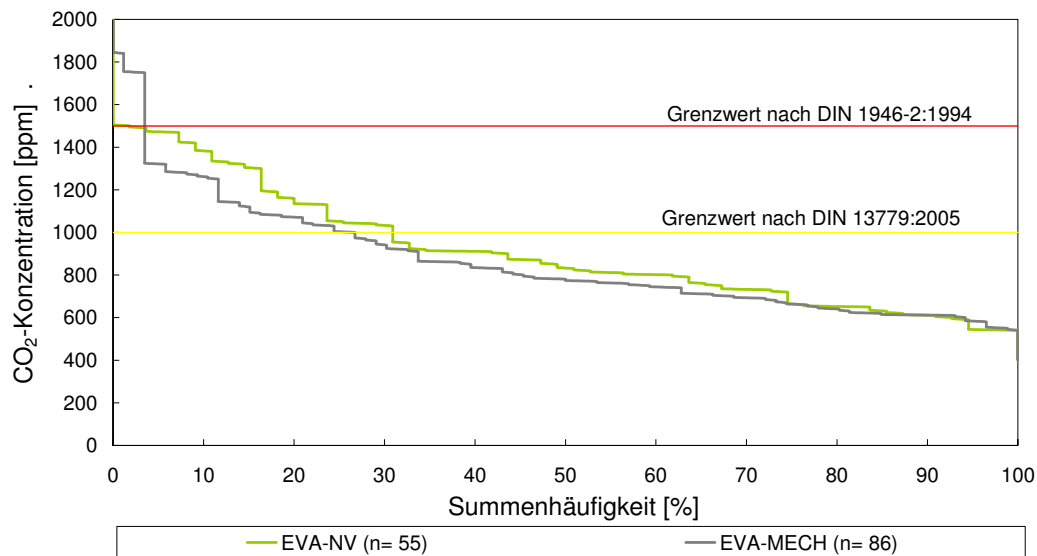
## Nutzerkomfort

Es wurde in den Gebäuden hinsichtlich der normierten Anforderungen ein weitgehend guter Nutzerkomfort festgestellt. Einschränkungen durch Strahlungsasymmetrie, Zugluftrisiko und Temperaturschichtungen traten so gut wie gar nicht auf. Das wesentliche Problem, das durchgängig in Messungen und Befragungen festgestellt wurde, ist die sommerliche Überhitzung, siehe Bild 4.



**Bild 4. Anzahl der jährlichen Überhitzungsstunden in den Büroräumen (n=67).**

In allen Räumen des Langzeit-Monitorings wurden Temperaturen über  $26^\circ\text{C}$  festgestellt, im Mittel in 182 h/a während der Nutzungszeit. Auffallend war, dass die Überhitzung nicht signifikant korrelierte mit baulichen Aspekten wie dem Verglasungsanteil der Fassaden oder der Ausrichtung der Räume nach der Himmelsrichtung. Im Gegenteil wiesen die Untersuchungen darauf hin, dass im Wesentlichen offensichtlich das Nutzerverhalten Einschränkungen des thermischen Komforts verursacht. Hier zeigten die Befragungen im Rahmen des Kurzzeit-Monitorings, dass die Nutzer die Fensterlüftung und den Sonnenschutz häufig nicht im Sinne der Konzepte einsetzen. Dies wirkte sich bei Konzepten zur Kühlung mit niedrigen Leistungen wie der häufig eingesetzten Betonkernaktivierung dahingehend aus, dass einige Räume fast keine, andere rund 400 Überhitzungsstunden im Jahr während der Nutzungszeit aufwiesen. Die Messwerte für die  $\text{CO}_2$ -Konzentration lagen bei rund 30 % aller Messungen im Winter über dem nach der neuen DIN EN 13779 zulässigen Grenzwert von 1.000 ppm, siehe Bild 5.



**Bild 5. Häufigkeit der CO<sub>2</sub>-Konzentration im Winter.**

Auffallend war, dass der Unterschied der Anteile zwischen mechanisch (27 %) und über Fenster belüfteten Räumen (32 %) nur gering war. Aus energetischer Sicht war in diesem Zusammenhang bedeutsam, dass in mechanisch belüfteten Räumen im Winter in fast gleichem Maße über die Fenster gelüftet wurde wie in Räumen ohne mechanische Lüftung.

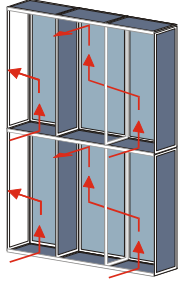
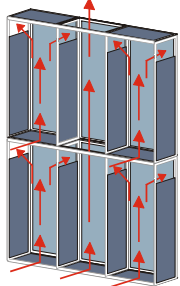
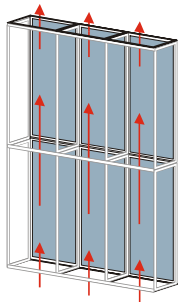
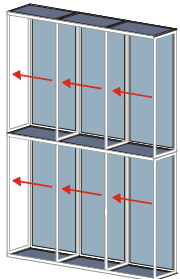
## 2.1.2 TwinSkin – Doppelfassaden auf dem Prüfstand [2]

### Einleitung

In dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt TwinSkin – Doppelfassaden auf dem Prüfstand, gefördert von der DBU (AZ 20258) wurden Konzepte von 13 Bürogebäuden mit Doppelfassaden im Rahmen einer Feldstudie hinsichtlich Energieeffizienz, Komfort, Funktionalität und Wirtschaftlichkeit aufgenommen und analysiert. Ziel des Projektes war es, Bürogebäude mit Doppelfassaden im Betrieb zu analysieren und Optimierungspotentiale zu erschließen.

Die Ausführung der Doppelfassaden hat direkten Einfluss auf die erreichbare Qualität des Wärme-, Sonnen- und Schallschutzes sowie auf den über die Öffnungselemente im Gebäude erzielbaren Luftwechsel. Wesentliches Klassifikationsmerkmal der Fassade ist im Projekt TwinSkin die Unterteilung des Fassadenzwischenraumes: hiernach lassen sich folgende Fassadentypen unterscheiden (siehe Tabelle 3):

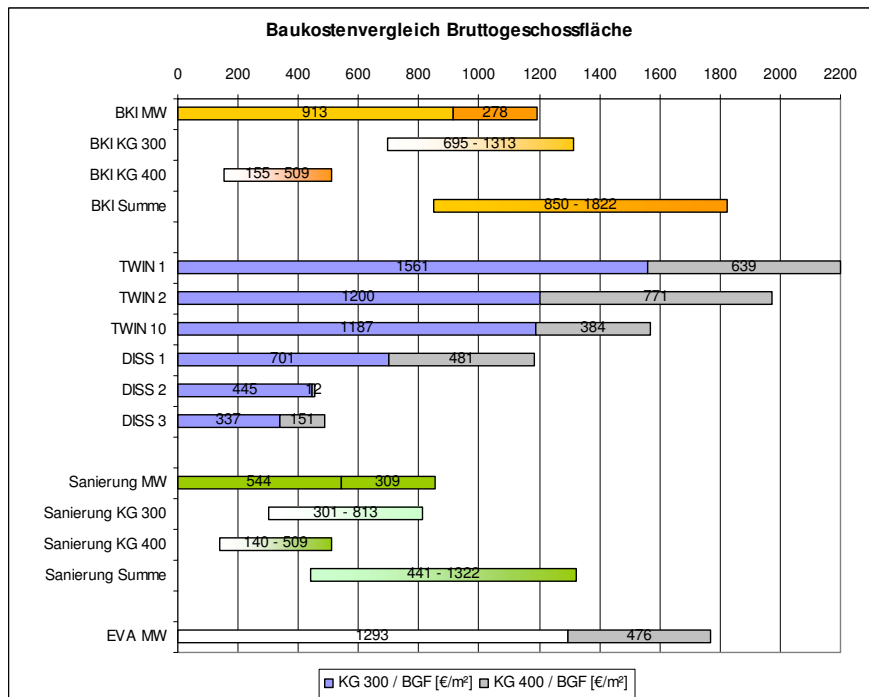
**Tabelle 3. Doppelfassadentypen.**

| Skizze  | Bezeichnung            | Beschreibung (konstruktiv + funktional)   |
|---|------------------------|---|
|    | Kasten-Fassade         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vertikale und horizontaler Unterteilung der Fassade</li> <li>• Fensterrahmen mit Zu- und Abluftöffnungen (versetzte Anordnung verhindert Zu- und Abluftvermischung)</li> <li>• Schallschutz</li> <li>• Reduzierung der Telefonie durch vertikale Trennung</li> </ul>   |
|   | Schacht-Kasten-Fassade | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kombination aus Kasten-Fassade und vertikalen Schächten</li> <li>• Zuluft durch Öffnungen im unteren Kastenbereich</li> <li>• Abluft über die Schächte</li> <li>• Keine Vermischung von Zu- und Abluft</li> <li>• Nutzung des thermischen Auftriebs</li> <li>• hauptsächlich Außenschallschutz</li> </ul>              |
|  | Vorhangdoppelfassade   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• durchgehende mehrgeschossige Fassade ohne Unterteilung</li> <li>• Fugen geschlossen oder offen (in Abhängigkeit von der Funktion)</li> <li>• Verbesserter Wärmeschutz im Winter möglich</li> <li>• Nutzung des thermischer Auftriebs im Fassadenzwischenraum bei Abluffassaden</li> <li>• Außenschallschutz</li> </ul> |
|  | Korridorfassade        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geschossweise horizontaler Unterteilung der Fassade</li> <li>• Luftöffnungen in Boden und Deckennähe (versetzte Anordnung verhindert Zu- und Abluftvermischung)</li> <li>• thermischer Puffer im Fassadenzwischenraum möglich</li> <li>• Außenschallschutz</li> </ul>  |

|  |                      |  |
|--|----------------------|--|
|  | <p>Haus im Haus</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fassade mit konstruktiv großen Abstand zur wärmedämmenden Hülle; Sekundärfassade umschließt das gesamte Gebäude</li> <li>• Lüftung der Räume über den Fassadenzwischenraum</li> <li>• thermischer Puffer durch großes Luftvolumen</li> <li>• Außenschallschutz durch Abstand zur Fassade</li> </ul> |
|  | <p>Kastenfenster</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lochfassade mit zwei Fensterebenen in einer Laibung</li> <li>• verbesserter Wärmeschutz im Winter</li> <li>• verbesserter Schallschutz</li> </ul>   |

### Investitionskosten

Bild 6 zeigt die Referenzwerte für den Neubau und die Sanierung von Verwaltungsgebäuden. In den Kostengruppen 300 und 400, sowie für die Summen sind mit dem jeweils unteren Wert der einfache Standard und dem jeweils oberen Wert der hohe Standard angegeben.



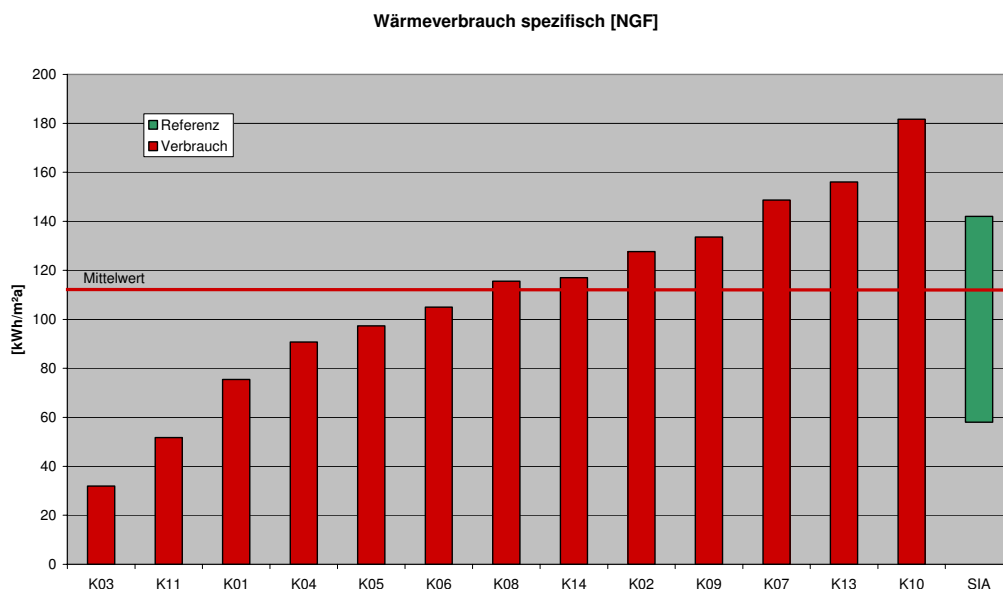
**Bild 6 Baukostenvergleich Bruttobaukosten [€ / m² BGF]**

Die Neubaukosten der beiden Objekte TWIN 1 und TWIN 2 liegen in der Summe mit ca. 2.000 bzw. ca. 2.200 €/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> um bis zu 20% über dem Vergleichswert der Gebäude des hohen Standards des BKI. Ordnet man die beiden Gebäude den BKI Standards zu, so zeigt sich, dass sie sich in der Summe im hohen Qualitätsstandard befinden. Bei dem Objekt TWIN 10 handelt es sich um eine Sanierung, die mit fast 1.600 1.200 €/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> um fast 20% über dem Vergleichswert einer Sanierung im hohen Standard liegt. Da die Baukosten jedoch von einer Vielzahl von Faktoren abhängen, können jedoch ohne eine Kostenanalyse der 2. und 3. Ebene Gründe für die auf den ersten Blick hohen Baukosten nicht genannt werden.

Die ausführlich dokumentierten sanierten Gebäude zeigen die Spannweite einer Sanierung mit Doppelfassaden auf. Die hochwertige Totalsanierung eines Gebäudes im hohen Sanierungsstandard mit fast 1.200 €/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> auf der einen Seite und die sich auf notwendige Maßnahmen unter weitgehendem Erhalt des Bestands beschränkenden Sanierungen der beiden anderen Objekte im einfachen Sanierungsstandard mit ca. 500 €/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> auf der anderen Seite.

## Betriebskosten

Die Bewertung der Energieeffizienz erfolgt im Projekt im Wesentlichen durch den Vergleich von Jahresverbrauchskennwerten (Wärme, Kälte, Strom).



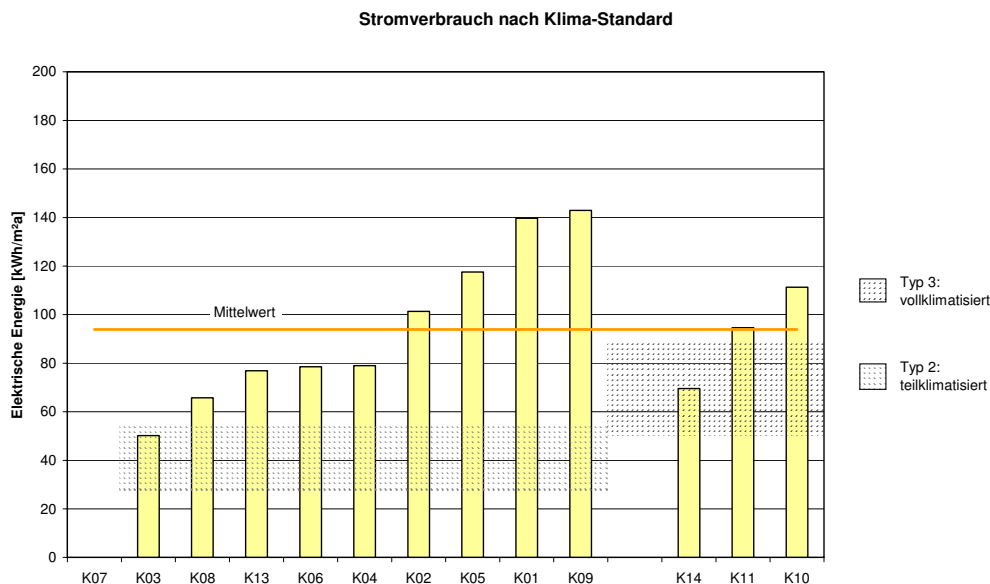
**Bild 7. Vergleich des Jahresheizenergieverbrauchs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF.**

Der Darstellung in Bild 7 liegen die Angaben der Gebäudebetreiber, bzw. die Abrechnungsdaten der EVU's zugrunde. Die Daten wurden zeit- und witterungsbereinigt. Die Verbrauchswerte der TwinSkin-Gebäude reichen von 32 kWh/m<sup>2</sup>a NGF bis 182 kWh/m<sup>2</sup>a. Der flächenspezifische Mittelwert der Wärmeenergie aller TwinSkin Gebäude berechnet sich zu

110 kWh/m<sup>2</sup>a (NGF). Im Vergleich liegen 8 der 13 Gebäude im referenzierten Bereich der SIA (grüner Balken rechts), lediglich drei Gebäude überschreiten mit ihren Verbrauchswerten die empfohlenen Grenzwerte. Für die GSW ist hierbei das Kühlkonzept mittels DEC-Anlage zu beachten, so dass ein Teil der abgenommenen Wärme hier in den Kühlprozess einfließt. Es sei an dieser Stelle noch einmal auf die Bilanzgrenze im Projekt hingewiesen, nach der z.B. die Energie für Erhitzer von Klimaanlage oder eine Trinkwarmwasserbereitung über Fernwärme in einigen dieser Werte enthalten ist.

In der Beurteilung sind zwei Beobachtungen festzuhalten: Zunächst ist der Verbrauch weder signifikant höher, noch signifikant niedriger als der Referenzwert nach SIA 380 / EVA. Zum anderen zeigt sich trotz der nachweisbaren Pufferwirkung der Doppelfassaden keine Einsparung an Wärmeenergie. Dominierende Einflussgrößen sind also offensichtlich Nutzereinflüsse und die Betriebsweise des Gebäudes und weniger die konstruktive oder bauphysikalische Ausstattung.

Im folgenden Bild 8 sind die Gesamtstromverbräuche der untersuchten Gebäude als Kennwert über die Nettogrundfläche dargestellt. Basis sind erneut die Angaben der Gebäudebetreiber, bzw. die Abrechnungsdaten der EVU's. Die Daten wurden lediglich zeitbereinigt. In Abweichung zu anderen Darstellungen oder der Bedarfsberechnung nach der EnEV 2004 ist nicht nur der Strom für die gebäudetechnischen Anlagen (= Hilfsenergien), sondern der Stromverbrauch des gesamten Gebäudes dargestellt, d.h. der Stromverbrauch für technische Gebäudeausrüstung, Beleuchtung, Kälte (sofern über Strom erzeugt) und der Büro- oder Mietbereiche.



**Bild 8. Vergleich des Jahresstromverbrauchs der untersuchten Gebäude bezogen auf die NGF.**

Der Kennwerte der einzelnen Gebäude liegen zwischen 50 und 143 kWh/m<sup>2</sup>a (NGF). Für die in TwinSkin untersuchten Gebäude ergibt sich einschließlich des Stromanteiles für Büro und Mietbereiche ein mittlerer Stromverbrauch von 94 kWh/m<sup>2</sup>a (NGF). Referenzwerte finden sich über die normativen Festlegungen hinaus im LEE, in der Schweizer Norm SIA 380 sowie in



verschiedenen Veröffentlichungen. In Anlehnung an die SIA werden die dortigen Kennwert hier als Referenzbereiche dargestellt. Für ein Gebäude war überhaupt keine Erfassung möglich.

Mit einem flächenspezifischen Verbrauchs-Mittelwert von 94 kWh/m<sup>2</sup>a liegen die TwinSkin-Gebäude nur geringfügig über einem Neubaustandard. Auffällig ist, dass die vollklimatisierten Gebäude nicht identisch mit dem größten Verbrauch im Vergleich sind. Dies resultiert in Teilen aus nutzungsspezifischen Verbräuchen wie Tiefgaragen oder Rechenzentren, die aus dem Gesamtverbrauch nicht isoliert wurden. Derartige nutzungsbedingte Mehrverbräuche führen zu einem vergleichsweise höheren Wert für einzelne Gebäude, die deswegen jedoch nicht weniger energieeffizient sein müssen.

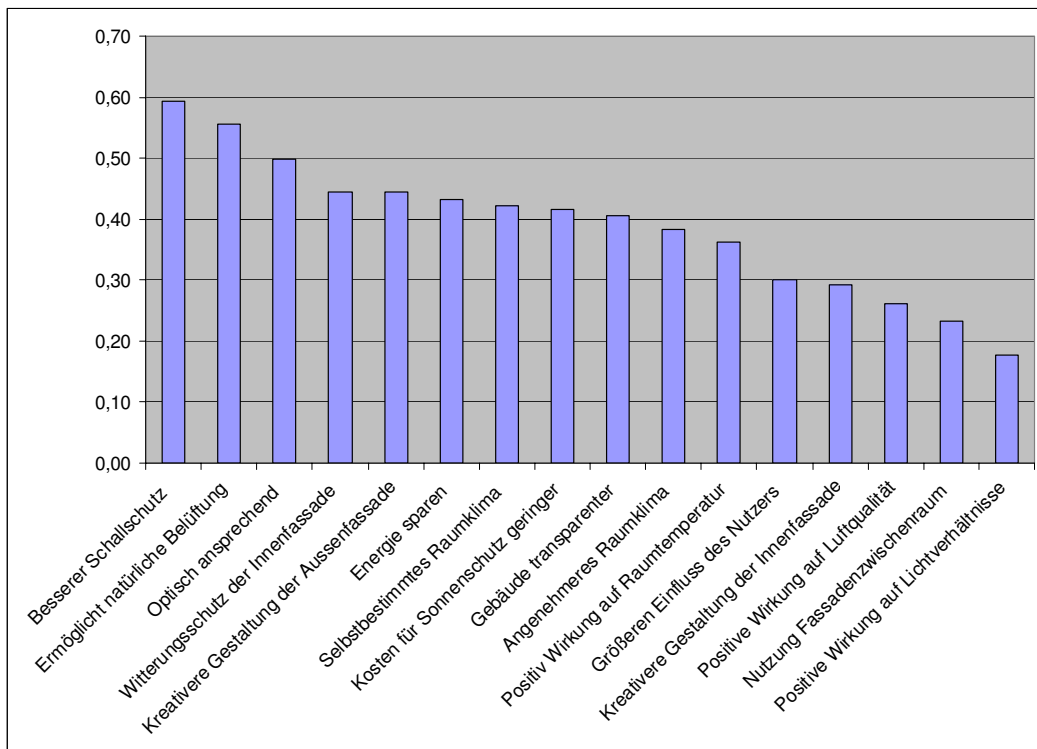
### **Chancen / Risiken**

Eine wesentliche Frage, die im Projekt TwinSkin beantwortet werden sollte, ist die nach der Motivation zur Doppelfassade. Durch die unabhängige Befragung verschiedener am Bau- und Planungsprozess Beteiligter kristallisierte sich das nachfolgend dargestellte Meinungsbild heraus:

Zitat: „Es zeigt sich, dass die Entscheidung bisweilen zu einem sehr frühen Zeitpunkt fällt, zu dem noch nicht völlig klar ist, ob die Doppelfassade das am besten geeignete Konzept ist. Das Konzept wird im Planungsprozess von sehr zentralen ‚Anwälten‘, in der Regel Architekten oder Architektinnen vertreten und die hierauf basierende Entscheidung wird später nicht grundsätzlich wieder diskutiert oder re-analysiert, auch wenn es Gegenstimmen und andere Konzepte gibt. Sie ist für Personen, die später mit der Betreuung des Gebäudes beauftragt sind, nicht immer nachvollziehbar und auch nicht transparent gemacht.“

Die in Bild 9 gezeigte Darstellung sortiert die Meinungen der am Planungsprojekt Beteiligten über die Vorteile einer Doppelfassade absteigend nach einem Kombinationswert aus dem Zutreffen eines Themas und dessen Wichtigkeit. Die Werte gehen hierbei von 1-0. Über alle Entscheidungsträger in einem Bauprozess hinweg (Fachingenieure, Architekten, Betreiber) wird der Schallschutz als einer der Hauptgründe für eine Doppelfassade gesehen. Weitere technische Merkmale folgen mit der Möglichkeit zur natürlichen Raumbelüftung, dem Witterungsschutz der Primärfassade und einer anvisierten Energieeinsparung. Mit dem Schutz von Verschattungsvorrichtungen steht an achter Stelle in dieser Rangliste dann noch einmal ein technisches Kriterium, das in seinen Aspekten Verfügbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Wirkung aus den weicheren Faktoren (Nutzereinfluß, Transparenz etc.) hervorsteht.

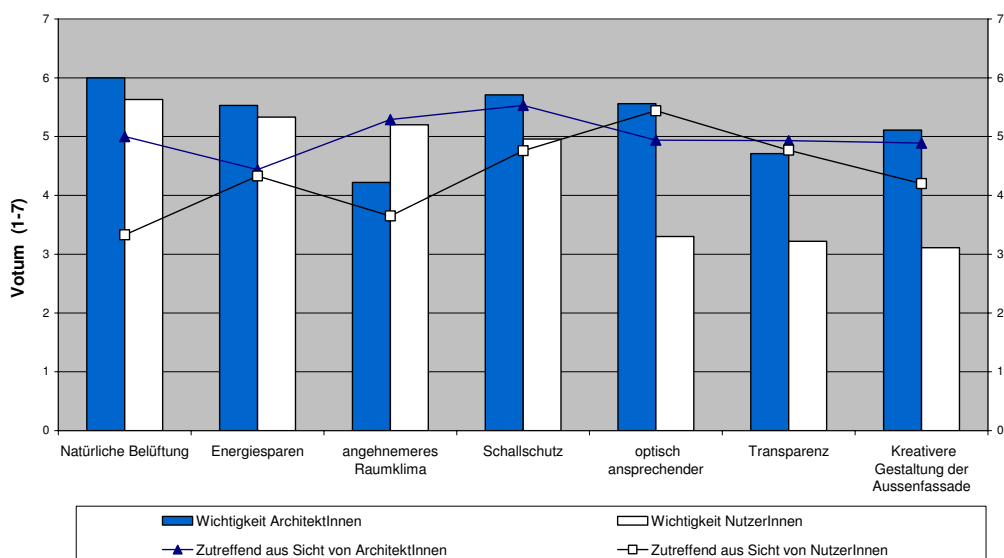
Die ästhetische Komponente einer mehrschichtigen Glasfassade mit all ihren Assoziationen soll an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden. Hierfür sei in besonderer Weise auf Abschlußbericht des Magdeburger Institutes für Umweltpsychologie hingewiesen.



**Bild 9 Reihenfolge der Vorteile (=Gründe) für eine Doppelfassade aus Sicht von Architekten.**

Den oben genannten Vorteilen der Protagonisten einer Doppelfassade soll in diesem Bericht nur die Wahrnehmung der betroffenen Nutzer gegenübergestellt werden. In den gemeinsam durchgeführten Nutzerbefragungen zeigt sich dass die Nutzer die Vorteile einer Doppelfassade durchaus abweichend von den Planern wahrnehmen.

**Wertigkeiten von Doppelfassadenmerkmalen für Architekten und Nutzer**



**Bild 10. Mittelwerte einiger Vorteile aus Sicht von Nutzern- und Architekten.**

Die Sortierung der Vorteile aus Sicht der Nutzer erfolgt nach abnehmender Wichtigkeit von Links nach rechts, für beide Werte (Wichtigkeit/ Zutreffendheit) konnte je ein 7-stelliges Votum abgegeben werden (siehe Bild 10). Es zeigt sich, dass eine natürliche Belüftung zwar von beiden Gruppen als wichtig angesehen wird, die Nutzer diesen Vorteil allerdings nicht als zutreffend wahrnehmen. Konsequenterweise ist ein angenehmes Raumklima den Nutzern zwar wichtig, aber in Gebäuden mit Doppelfassaden nicht gegeben<sup>1</sup>. Die Wahrnehmung der Architekten zeigt in diesem Punkt ein entgegengesetztes Meinungsbild.

Ein optischer Anspruch ist den Nutzern weitgehend egal, sie nehmen ihn für Doppelfassaden (meinungsgebildet?) allerdings als zutreffend an. In der Kombination von Wichtigkeit und Zutreffendheit (besser als Zustimmung zum entsprechenden Vorteil zu verstehen) präsentiert sich so für beiden Gruppen der Schallschutz als primärer Vorteil in der Rangliste der Doppelfassaden- Argumente.

### **Werkzeuge zur Berechnung**

Da zahlreiche zeitabhängige Faktoren die Temperaturen, Massen- und Energieströme in einer Doppelfassade beeinflussen, werden für die Auslegung von Doppelfassaden häufig aufwändige Computersimulationsprogramme herangezogen. Die Modellierung der Doppelfassade auf dem Computer und die Bewertung der Ergebnisse setzt erhebliche Erfahrungen beim Bediener voraus.

Folgende Programmtypen kommen - teilweise in Kombination - zum Einsatz:

### **Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics - CFD):**

Bei der Strömungssimulation werden strömungsmechanische Probleme approximativ mit numerischen Methoden gelöst. Dazu werden ein geometrisches Modell der Doppelfassade und die klimatischen Randbedingungen eingegeben. In der Regel werden für bestimmte Extremwittersituationen (Winter, Sommer) die augenblicklichen Temperaturen und Strömungsverhältnisse berechnet. Mit der Strömungssimulation können Zu- und Abluftöffnungen sowie die Doppelfassade selbst ausgelegt und überprüft werden. Moderne Programme in Verbindung mit sehr schnellen Rechnern können Strömungen auch für größere Zeiträume (z.B.: einen Tag) dynamisch berechnen und beispielsweise als Film darstellen.

Am Markt erhältliche Programme: z.B.: FLUENT, FloVENT

---

<sup>1</sup> An dieser Stelle fehlen vergleichbare Ergebnisse aus „einschaligen“ Neubauten, bzw. der Vergleich zu klimatischen Bedingungen in vorher erlebten Arbeitsgebäuden.

### **Thermische Gebäudesimulation:**

Eine Doppelfassade kann auch mit dynamisch rechnenden thermischen Simulationsprogrammen ausgelegt werden. Da jedoch nur ein oder wenige Temperaturknoten berechnet werden können, werden Strömungsphänomene wie beispielsweise Turbulenzen nicht berücksichtigt. Vorteil der Programme ist, dass sie aufgrund der geringen Knotenzahl, das thermische Verhalten einer Doppelfassade über einen großen Zeiträume (z.B.: ein Jahr) berechnen können. Dabei besteht die Möglichkeit Energieeinsparpotenziale aufzuzeigen oder geeignete Regelstrategien zu finden.

Am Markt erhältliche Programme: z.B: TRNSYS + TRNFLOW, TAS

### **Tageslichtsimulation:**

Doppelfassaden haben häufig negative Auswirkungen auf die Belichtung der dahinterliegenden Räume mit natürlichem Licht. Mit Hilfe von Tageslichtsimulationsprogrammen kann die Tageslichtnutzung optimiert werden.

Am Markt erhältliche Programme: z.B: RADIANCE

### **Konzeptioneller Aufwand für die Alternativplanung**

Doppelfassaden werden häufig bei Sanierungsprojekten von Verwaltungsprojekten zur Verbesserung des sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes eingesetzt. Insofern kann eine Doppelfassade durchaus als additives Element betrachtet werden, das im Rahmen einer Alternativplanung eingesetzt werden kann.

Folgende Aspekte sind bei der Alternativplanung zu beachten:

- Schallschutz (z.B.: Schallweiterleitung in der Doppelfassade)
- Brandschutz
- Sommerlicher Wärmeschutz (bei falscher Dimensionierung der Doppelfassade besteht Überhitzungsgefahr)
- Winterlicher Wärmeschutz (z.B.: Wärmebrückenwirkung der Doppelfassadenbefestigung)

### **Marketingwert und Kundennutzen**

Der Marketingwert von Doppelfassaden besteht vor Allem in Ihrer Ästhetik, siehe Bild 11. Im Projekt TwinSkin befinden sich unter den untersuchten Doppelfassaden überdurchschnittlich viele Unternehmenszentralen. Diese bevorzugen die vollverglasten Doppelfassaden um

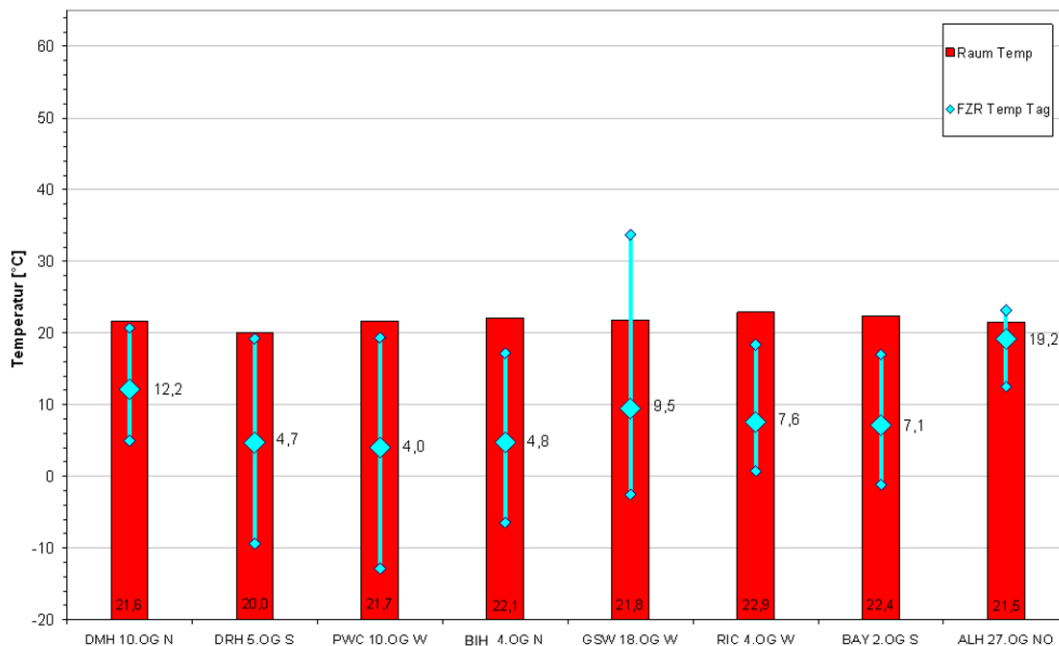
Unternehmenstransparenz zu demonstrieren und diese nach außen zu transportieren. Für Architekten ist die Doppelfassade häufig ein wichtiges Element ihrer Architektur: Im geschlossenen Zustand wirkt die Außenhaut glatt und transparent. Werden die Glasflächen jedoch je nach Tages- bzw. Jahreszeit geöffnet, verändert sich der Baukörper: statt seiner glatten Fläche zeigt er einen schuppig wirkenden Charakter.



**Bild 11. Drei von dreizehn Gebäuden aus dem Projekt TwinSkin mit Doppelfassaden.**

### Nutzerkomfort

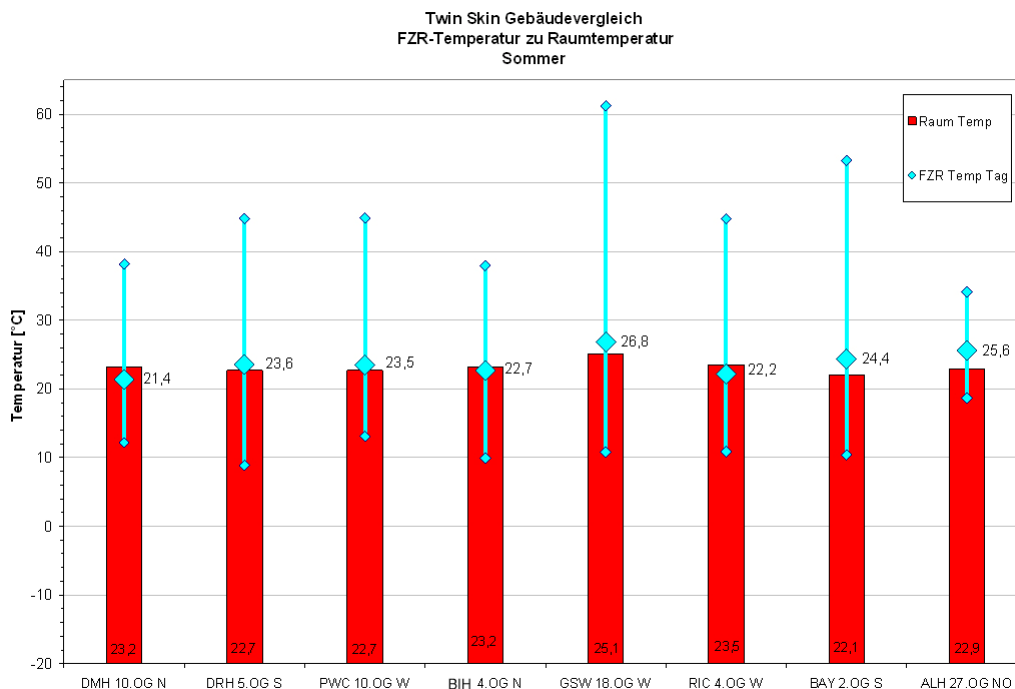
Für die acht TwinSkin- Gebäude werden Temperaturen im FZR in Zusammenhang gesetzt mit den Raumtemperaturen, um mögliche Wechselwirkungen analysieren zu können. Dazu werden die mittleren Tagestemperaturen im FZR mit den jeweiligen Minima und Maxima nach Jahreszeit geordnet (s. Bild 12) dargestellt und durch über einen Balken mit der mittleren Raumtemperatur am Tag ergänzt.



**Bild 12. Gebäudevergleich FZR-Temperatur Raumtemperatur Winter.**

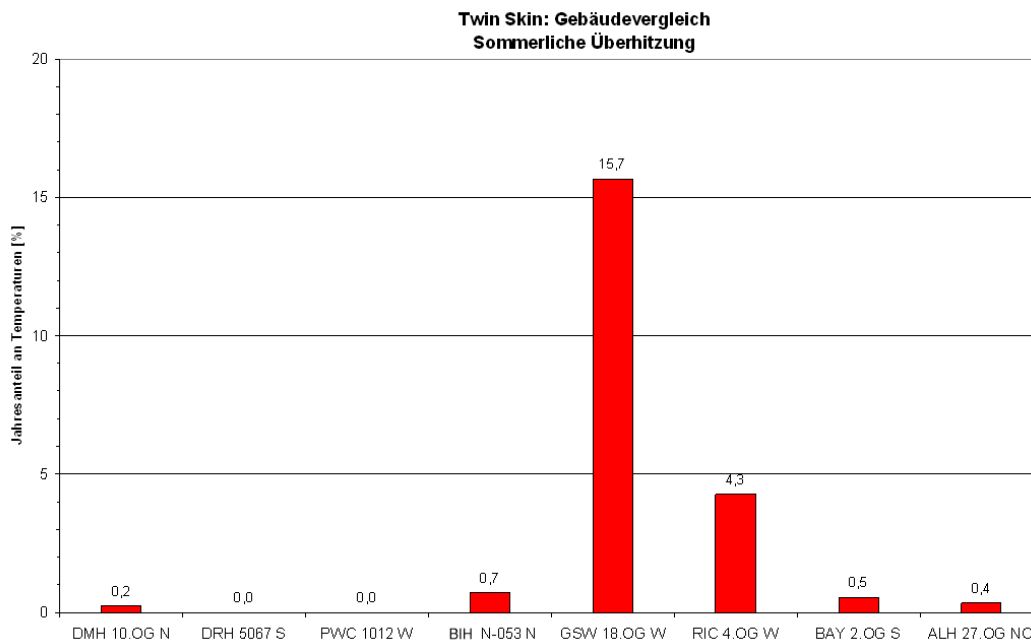
Im Winter lassen sich keine größeren Auffälligkeiten feststellen. Die mittleren Raumtemperaturen bewegen sich im Deutschen Ring Hamburg (DRH) mit 20,0°C im unteren Behaglichkeitsbereich bis 22,9°C für das Rickmers Gebäude (RIC). Durch die klimatische Konditionierung der Räume ist eine Beeinflussung durch die FZR-Temperaturen nicht erkennbar. Die Ausführung der Fassade bietet somit in den untersuchten Gebäuden keine Anhaltspunkte für die thermische Behaglichkeit in den Räumen (Winter). Auch in der energetischen Betrachtung finden sich weder niedrigere Raumtemperaturen noch höhere Fassadenzwischenraumtemperaturen als Energieeinsparungen wieder.

Die Sommerauswertung (siehe Bild 13) wird ergänzt durch ein Diagramm, das den Prozentsatz der sommerlichen Überhitzung in den Räumen über den Messzeitraum angibt, siehe Bild 14. Als sommerliche Überhitzung wird die Stundenanzahl der Raumtemperaturen über 26 °C während der Arbeitszeit von 8:00 bis 18:00 Uhr definiert.



**Bild 13. Gebäudevergleich FZR-Temperatur Raumtemperatur Übergang.**

Für das Büro im 18. OG des GSW-Gebäudes sind deutliche Überhitzungsstunden von 15,5 % gemessen worden. Über den Messzeitraum vom 23.11.04 bis zum 11.10.04 (Ausfall 31.01.05 – 10.06.05) stellt sich eine extrem hohe mittlere Raumtemperatur von 25,1°C ein. Hier sind Einflüsse durch die Art der Fassade erkennbar. Die hohe mittlere FZR-Temperatur von 26,8°C resultiert unmittelbar aus der großen Temperaturschichtung in der 71 m hohen Fassade. Im Vergleich setzt sich die mittlere FZR-Temperatur von 25,3°C im Büro 9.OG nur mit einer mittleren Raumtemperatur von 23,5°C fort. Der Prozentsatz an Überhitzungsstunden sinkt hier auf 2,5 %.



**Bild 14. Gebäudevergleich Sommerliche Überhitzung Raum (Sortierung wie in Bild 13)**

Auch bei Rickmers hat das Büro mit 4,3 Prozent einen erhöhten Überhitzungsanteil, der sich durch die Aufheizung der Lüftungslamellen an der Fassade bei starker Solarstrahlung erklären lässt. Entsprechend liegt die mittlere Raumtemperatur mit 23,5°C ebenfalls im erhöhten Bereich.

Die übrigen Räume haben keine wesentlichen Überhitzungen zu verzeichnen, auch die mittleren Raumtemperaturen liegen in einem unauffälligen Bereich. Alle in der Untersuchung betrachteten Gebäude verfügen über eine Kühlung der Büroräume. Dennoch lassen sich hier Einflüsse der Fassade erkennen. Für die übrigen Gebäude ist der Anteil an Stunden oberhalb des def. Richtwertes von 26°C so gering, dass an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen wird.

### 2.1.3 DeAL – Evaluierung dezentraler außenwandintegrierter Lüftungsgeräte [4]

#### Einleitung

In dem Forschungsprojekt DeAL, das von 2005 bis Mitte 2008 lief, wurden in insgesamt 9 Arbeitsschritten technische Informationen über ausgeführte Gebäude mit dezentralen Lüftungsgeräten gewonnen und die Erfahrungen der Gebäudebetreiber und der Nutzer zusammengestellt. Schwerpunkt der Untersuchungen waren Messungen in 10 Gebäuden, in denen der Nutzerkomfort, der Energieverbrauch, der Wartungsaufwand und die Kosten analysiert wurden. Ziel des Projekts war es, Planungs- und Betriebsparameter zu benennen, die für einen zufriedenstellenden Betrieb der Anlagen relevant sind. Aus Gründen des Datenschutzes sind die Gebäude mit Kennnummern anonymisiert.

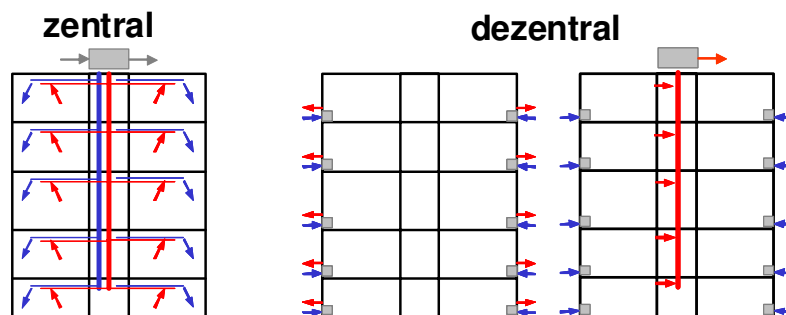


Dezentrale, außenwandintegrierte Lüftungssysteme lassen sich durch folgende Kennzeichen charakterisieren, siehe auch VDMA-Einheitsblatt 24390:

1. Die Zuluft wird in jedem Raum dezentral, das heißt über Öffnungen in der Außenfassade, dem Raum zugeführt; bei manchen Gerätetypen wird auch die Abluft über die Außenfassade abgeführt.
2. Die Konditionierung der Zuluft und teilweise auch von Umluft erfolgt ebenfalls dezentral, das heißt an jedem eingesetzten Gerät.

Damit unterscheiden sich dezentrale, außenwandintegrierte Lüftungssysteme deutlich von den bisher überwiegend eingesetzten Lüftungs- und Klimatisierungssystemen, siehe Bild 15:

- von zentralen Lüftungsanlagen, in denen sowohl die Luftzuführung ins Gebäude als auch deren Konditionierung über eine zentrale Anlage erfolgt,
- von Induktionsgeräten, in denen Frischluft und Umluft zwar dezentral, d.h. raumweise konditioniert wird, die Zuluft aber aus einer zentralen Anlage über Luftkanäle den jeweiligen Geräten zugeführt wird.



**Bild 15. Vergleich zentrale (links) und dezentrale Lüftungstechnik (mitte: dezentrale Zu-/Abluft; rechts: dezentrale Zuluft und zentrale Abluft)**

Die dezentrale Zu- und Abluft ist ein rein dezentrales System. Hierbei wird die Zuluft über einen Ventilator angesaugt und die Abluft über einen Ventilator, welcher im gleichen Gehäuse sitzt, an die Umgebung abgegeben.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, die Zuluft über einen dezentralen Ventilator in den Raum einzublasen oder passiv nachströmen zu lassen und die Abluft über einen zentralen Ventilator und ein entsprechendes Abluftsystem abzusaugen.

Die derzeit von den Herstellern angebotenen Geräte weisen einen modularen Aufbau auf, so dass die nachfolgend aufgelisteten Luftbehandlungsfunktionen, je nach Platzangebot in der Fassade, nahezu beliebig kombinierbar sind, siehe Tabelle 4. In der Tabelle sind weiterhin die verschiedenen möglichen Einbaulagen der dezentralen Lüftungsgeräte sowie die wichtigsten Hersteller der Geräte aufgelistet.



**Tabelle 4. Typisierung von dezentralen Lüftungsgeräten**

| Luftbehandlungsfunktion   | Einbaulage   | Anbieter  |
|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizung</li> <li>Lüftung</li> <li>Wärmerückgewinnung</li> <li>Filtern</li> <li>Be-/Entfeuchten (selten)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Brüstung</li> <li>Unterflur / Doppelboden</li> <li>Wand / Fassadenpaneel</li> <li>Fensterbank (selten)</li> <li>Decke / Sturz (selten)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trox GmbH</li> <li>LTG AG</li> <li>Kampmann GmbH</li> <li>emco GmbH</li> <li>Krantz Komponenten</li> </ul> |

### Investitionskosten

Da die Ausschreibungsunterlagen zu den untersuchten Gebäuden nicht vorlagen, musste auf die Katalogpreise mit Stand 2006 der Hersteller zurückgegriffen werden. Die Kosten für dezentrale Lüftungsgeräte der in Deutschland erhältlichen Geräte sind in Tabelle 5 dargestellt.

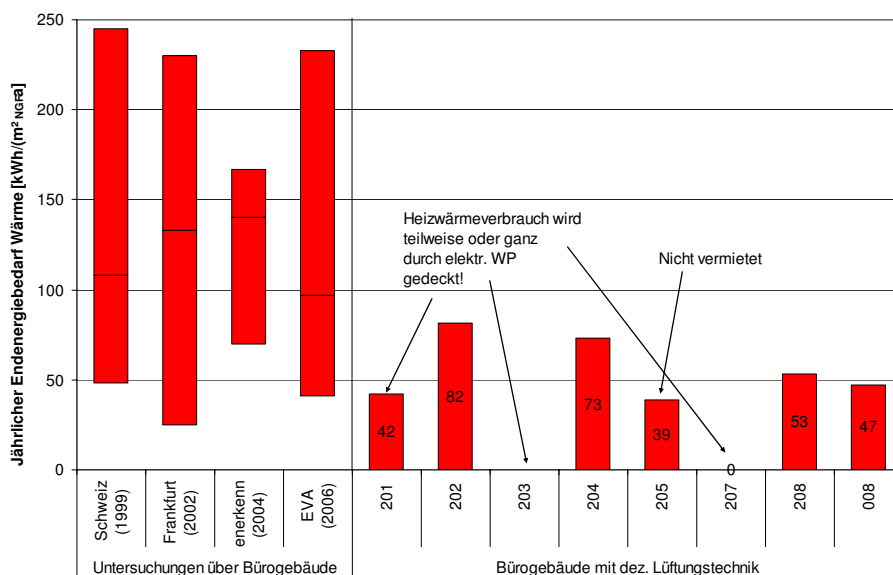
Es wird deutlich, dass je nach thermodynamischen Behandlungsfunktionen die Kosten zwischen 1140 € und 2400 € pro Gerät variieren. Bei höheren Stückzahlen ergibt sich eine entsprechende Kostendegression. Die Kosten für die Einzelraumregelung ist nicht enthalten.

**Tabelle 5. Katalogkosten der dezentralen Lüftungsgeräte (Stand 2006).**

|                                |                       | Summe | Hersteller 1 |            |                | Hersteller 2 |            | Hersteller 3 |            |            | Hersteller 4 |                | Herst<br>eller 5 | Herst<br>eller 6 |
|--------------------------------|-----------------------|-------|--------------|------------|----------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|----------------|------------------|------------------|
|                                |                       |       | Zu-/Abluft   | Zu-/Umluft | Zu-/Ab-/Umluft | Zu-/Umluft   | Zu-/Umluft | Zu-/Abluft   | Zu-/Abluft | Zu-/Abluft | Zu-/Abluft   | Zu-/Ab-/Umluft | Zu-/Abluft       | Zu-/Umluft       |
| Luftführung                    | Zuluft                | 2     |              |            |                |              |            |              |            |            | x            |                | x                |                  |
|                                | Zu-/Abluft            | 8     | x            |            | x              |              |            | x            | x          | x          | (x)          | x              | x                |                  |
|                                | Zu-/Umluft            | 5     |              | x          |                | x            | x          |              |            |            | (x)          |                | (x)              |                  |
| Luftbehandlung                 | Heizung, Kühlung      | 5     |              | x          |                | x            | x          |              |            |            | x            |                | x                |                  |
|                                | Heizung, Kühlung, WRG | 6     | (x)          |            | x              |              |            | x            | x          |            |              | x              |                  |                  |
|                                | WRG                   | 1     |              |            |                |              |            |              |            | x          |              |                |                  |                  |
| Einbaulage                     | Unterflur             | 7     |              | x          | x              | x            | x          |              | x          |            | x            |                | x                |                  |
|                                | Brüstung              | 5     | x            |            |                |              |            | x            |            |            |              | x              | x                |                  |
|                                | Fensterbank           | 2     | x            |            |                |              |            | x            |            |            |              |                |                  |                  |
|                                | Paneel                | 1     |              |            |                |              |            | x            |            |            |              |                |                  |                  |
|                                | Decke/Sturz           | 1     |              |            |                |              |            |              |            | x          |              |                |                  |                  |
| Richtpreis [€/Stk] (ab 50 Stk) |                       |       | 1728         | 1140       | 1700           | 1666         | 2043       |              |            |            |              |                | 2400             |                  |

### Energiekosten

Die Strom- und Wärmekosten wurden im Rahmen der Ermittlung des Energieverbrauchs der Gebäude angefordert. Da sich die Energiekosten häufig ändern, werden im Folgenden die Energieverbräuche der Gebäude dargestellt, siehe Bild 16.



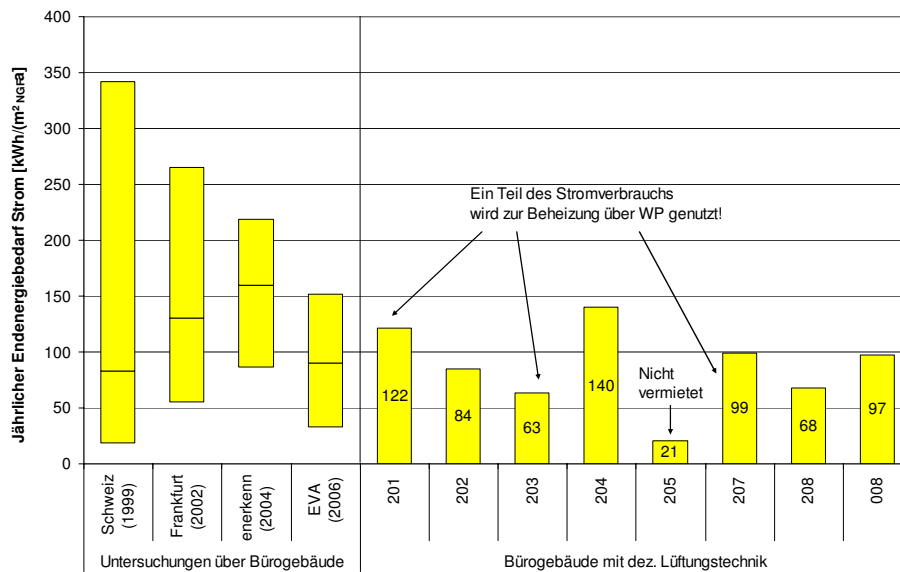
**Bild 16. Endenergieverbrauch Heizwärme von Bürogebäuden mit dez. Lüftungstechnik.**

In Bild 16 ist der jährliche auf die Netto-Geschossfläche bezogene Wärmeverbrauch der Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik und die Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte (z.B.: EVA) dargestellt.

Die in den Studien untersuchten Bürogebäude mit dem niedrigsten Wärmeverbrauch weisen Werte zwischen 25 und 70 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) (jeweils untere Enden der Balken) auf. Die Gebäude mit dem höchsten Bedarf (obere Enden der Balken) verbrauchen zwischen 167 und 245 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) Wärme. Der durchschnittliche Heizwärmeverbrauch der Gebäude (mittlere Linie) liegt zwischen 83 und 140 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Als Vergleichsreferenz wird der Durchschnittswert der EVA-Studie von 97 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) herangezogen.

Es wird deutlich, dass die Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik einen signifikant niedrigeren Wärmeverbrauch aufweisen, als durchschnittliche Bürogebäude. Der Wärmeverbrauch aller Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik liegt unter dem Durchschnittsverbrauch der EVA-Studie. Bei vier Gebäuden liegt der Wärmeverbrauch sogar um ca. 50 % unter dem Durchschnittswert der EVA-Studie.

In Bild 17 ist der jährliche auf die Netto-Geschossfläche bezogene Stromverbrauch der Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik und die Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte dargestellt. Der durchschnittliche Stromverbrauch der Gebäude der Studien liegt zwischen 83 und 160 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>). Als Vergleichsreferenz wird der Durchschnittswert der EVA-Studie von 90 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) herangezogen.



**Bild 17. Endenergieverbrauch Strom von Bürogebäuden mit dezentraler Lüftungstechnik.**

Beim Stromverbrauch der Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik ist eine Tendenz zu niedrigen Verbräuchen zu verzeichnen. Drei Gebäude verbrauchen mehr Strom als der EVA-Durchschnitt, vier Gebäude verbrauchen weniger Strom. Obwohl Gebäude 205 nicht vermietet ist, weist es einen Stromverbrauch von 20,7 kWh/(m<sup>2</sup><sub>NGFA</sub>) auf. Das Gebäude mit dem höchsten Stromverbrauch wird von einer Versicherung genutzt und beinhaltet ein Rechnerzentrum mit hohem nutzungsspezifischen Stromverbrauch.

## Wartungskosten

Ein zentrales Ziel des Forschungsprojekts war die Untersuchung des Wartungsaufwands und der Wartungskosten für die dezentralen Lüftungsgeräte. Dazu wurden von den Gebäudebetreibern Wartungsverträge angefordert bzw. Interviews zu der Thematik geführt. Der Filterwechsel wurde in jedem Gebäude exemplarisch für ein Gerät ausgeführt und dokumentiert. Es hat sich herausgestellt, dass eine Ermittlung der Wartungskosten auf der Basis der Wartungsverträge nicht möglich ist: Entweder existieren keine Wartungsverträge, weil die Wartung vom technischen Facilitymanagement des Betreibers durchgeführt wird oder die Wartung wird als Gesamtpaket an Fremdfirmen vergeben, so dass Rückschlüsse auf die Wartungskosten der dezentralen Lüftungsgeräte nicht möglich sind. Der Wartungsaufwand wurde daher qualitativ erfasst und ausgewertet.

Obwohl die Geräte hinsichtlich der Wartungsfreundlichkeit im Vergleich zu früheren Geräten erheblich verbessert wurden, ist der Aufwand im Vergleich zur Wartung von zentralen Lüftungsgeräten erheblich. Dies soll im Folgenden durch ein Rechenbeispiel verdeutlicht werden: Bei Gebäude 205 dauert die Wartung eines Lüftungsgeräts lediglich 5 Minuten. Es wurden insgesamt 815 Stück mit einem Außenluftvolumenstrom von 60 m<sup>3</sup>/h pro Gerät in Stufe 1 eingebaut, so dass sich ein Gesamtvolumenstrom von 48.900 m<sup>3</sup>/h ergibt. Für eine zentrale Lüftungsanlage würde man den Volumenstrom auf beispielsweise zwei Zentralgeräte aufteilen. Für eine Wartung der beiden Zentralgeräte sind ca. 3 - 4 Manntage zu

veranschlagen. Die Gesamtwartungsdauer der dezentralen Geräte beträgt 8,4 Manntage. Das heißt, der Wartungsaufwand für die dezentrale Lüftungstechnik ist etwa zwei- bis dreimal höher als für die zentrale Lüftungstechnik.

Bei der Betrachtung sind die Kosten für die Wartung von Brandschutzklappen, Volumenstromreglern und Luftauslässen für zentrale Lüftungstechnik nicht enthalten. Die Anzahl der vorgenannten Komponenten hängt stark von der Größe des betrachteten Luftkanalnetzes ab und muss daher individuell ermittelt werden.

### Chancen / Risiken

Ein wichtiges Ziel des Forschungsprojekts war es, auf Fehler die bei Konzeption, Planung, Bau und Betrieb von Gebäuden mit dezentralen Lüftungsgeräten auftreten, hinzuweisen und diese zu analysieren.

In Tabelle 6 ist eine Matrix mit den Gebäuden und den aufgetretenen Problemen dargestellt. Es muss darauf hingewiesen werden, dass insbesondere die Probleme während der Bau- und Planungsphase auf den Berichten von Planungsbeteiligten beruhen und teilweise nicht nachgeprüft werden konnten.

**Tabelle 6. Problemmatrix bei Konzeption, Planung, Bau und Betrieb der Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik.**

|            | 201  | 202   | 203   | 204 | 205  | 206   | 207   | 209                 | 110 | 008   |
|------------|--|---|---|-----|--|---|---|---------------------|-----|---|
| Konzeption | Change-Over Betrieb<br>keine GLT Visualisierung  |   |   |     |  |   |   | Hohe Ausblasgeschw. |     | Keine Unterströmung der Bürotüren möglich   |
| Planung    |  | Schallbrücke zwischen den Räumen  | Heizkörperventil für Heizung und Kühlung                    |     | Luftkurzschluß zwischen AUL und FO                                 |   |   |                     |     | Luftwechsel zu niedrig ausgelegt  |
| Bau        | Zu hoher Luftvolumenstrom<br>Kein Sonnenschutz   |   | Geräte nicht luftdicht in die Fassade integriert            |     | Anschluß an WT zu kurz<br>Elektroanschlüsse direkt auf der Platine |   |   |                     |     |   |
| Betrieb    | Keine Einflußmöglichkeit der Nutzer<br>Kein Wartungskonzept<br>Keine Zeitprofile<br>VL-Temperaturregelung fehlerhaft | Außen- und Umluftgerät regeln auf die gleiche Temperatur<br>Raummessfühler nicht kalibriert | Kein Wartungskonzept<br>Keine Einflußmöglichkeit der Nutzer |     | Hohe Schallemissionen  | Geändertes Ausstellungskonzept behindert den Luftaustausch<br>Häufige defekte an den Umluftgeräten<br>Aufwändige Wartung der Geräte | Höchste Lüfterstufe voreingestellt<br>Tisch nah an den Auslässen<br>Regelung nicht umgesetzt wie konzeptioniert |                     |     | Rückschlagklappen klappern<br>Zu niedrige Zulufttemperaturen<br>Strömungsumkehr bei geöffneten Fenstern |

Die meisten in Tabelle 6 aufgeführten Probleme hängen mit einer falschen Integration der Geräte in das Gebäudekonzept und mit der Modifikation der Standardgeräte der Hersteller zusammen.

Da die Geräte in die Gebäudestruktur (z.B.: Fassade, Doppelboden) integriert werden, ist einerseits im Planungsprozess eine enge Abstimmung und Schnittstellenkoordination aller Planungsbeteiligten und andererseits beim Einbau der Geräte ein koordinierter Bauablauf notwendig. Während die Standardgeräte von den Herstellern im Labor „auf Herz und Nieren“

getestet bzw. bei vielen Bauprojekten bereits eingesetzt wurden, bergen bauspezifisch unter Zeitdruck neu entwickelte Geräte das Risiko von Defekten und langwierigen Nachbesserungen.

### **Werkzeuge zur Berechnung**

Einige Hersteller bieten die Auslegung der Geräte durch firmeninterne Fachplaner an oder stellen Auslegungsprogramme zum freien Download bereit. Häufig werden die thermisch flinken Geräte mit einer thermisch trägen Betonkerntemperierung kombiniert. In diesen Fällen bietet sich für die Auslegung, die Ermittlung von Regelalgorithmen und die Bestimmung des thermischen Komforts dynamisch rechnende Simulationsprogramme (z.B.: TRNSYS 16) an.

Die vorgenannten Berechnungswerkzeuge machen jedoch den integral denkenden Fachplaner (Energiekonzeptionär, Energiedesigner) nicht überflüssig, da ein hohes Maß an Koordination zwischen den einzelnen Gewerken während der Konzeptions-, Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase notwendig ist.

### **Konzeptioneller Aufwand für die Alternativplanung**

Bei der dezentralen Lüftungstechnik handelt es sich im Vergleich zu zentraler Lüftungstechnik um eine grundsätzlich andere Technologie, bei der nicht das eine System ohne weitere Änderungen durch das andere System ausgetauscht werden kann. Aufgrund der Integration der Geräte in die Fassade bzw. den Doppelboden, die individuelle Regelung der Geräte und die Notwendigkeit Heiz- und Kühlmedien für die Lüftung im Gebäude zu verteilen, ist ein erheblicher konzeptioneller Aufwand für die Alternativplanung zu erwarten. Sollen alle Potenziale der dezentralen Lüftungstechnik auch hinsichtlich Flächen- und Höheneffizienz konsequent ausgenutzt werden, muss auch die Architektur eines Gebäudes massiv modifiziert werden. Dies betrifft insbesondere:

- die maximale mit dez. Lüftungstechnik belüftbare Raumtiefe (z.B.: 5 m von der Fassade))
- Platzvorhaltung in der Fassade oder im Doppelboden für die Geräte
- gegebenenfalls Verringerung der Geschoßhöhe und Technikfläche

### **Marketingwert**

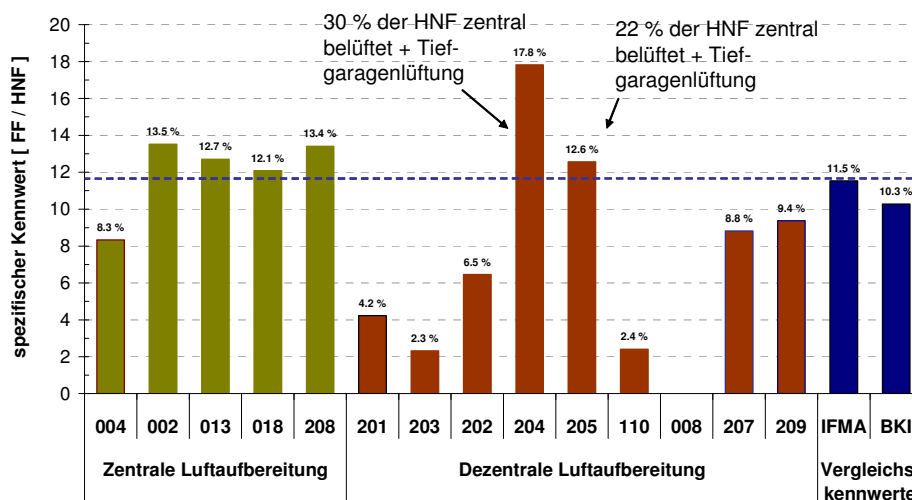
Dezentrale Lüftungsgeräte werden häufig als integraler Bestandteil in Gebäuden mit Niedrigenergiekonzept integriert. Diese Gebäude werden als „Green Buildings“ oder „nachhaltige Gebäude“ massiv beworben und vermarktet. Neben einem „grünen Image“ können in diesen Gebäuden der - im Vergleich zu durchschnittlichen Bürogebäuden - teilweise erheblich niedrigere Energieverbrauch und das individuell einstellbare Raumklima beworben werden.

## Nutzen für die Büronutzer

Dezentrale Lüftungstechnik bietet dem Büronutzer die Möglichkeit über ein Bedienpaneel, das Klima in seinem Büro direkt zu beeinflussen. Dies betrifft insbesondere die Raumlufthtemperatur und die Luftmenge. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich die Raumlufthtemperatur nur in gewissen Grenzen (z.B.: +/- 3 K) und erst teilweise mit erheblicher Verzögerung beeinflussen lässt. Dies gilt nicht für Geräte, die zusätzlich mit einem Umluftgerät zur Leistungssteigerung kombiniert werden. Da man die Geräte in der Regel auch komplett deaktivieren und über Fenster lüften kann, erfahren die dezentralen Lüftungsgeräte eine hohe Akzeptanz bei den Nutzern.

## Nutzen für den Investor

In Bild 18 ist die Flächeneffizienz (Verhältnis der Funktionsfläche (FF) zur Hauptnutzfläche (HNF)) von Gebäuden mit dezentraler Lüftungstechnik im Vergleich mit Gebäuden mit zentraler Lüftungstechnik dargestellt. Zusätzlich werden Vergleichskennwerten nach IFMA und BKI gezeigt, wobei der Kennwert nach IFMA mit 11,5 % als Vergleichsreferenz herangezogen wird.

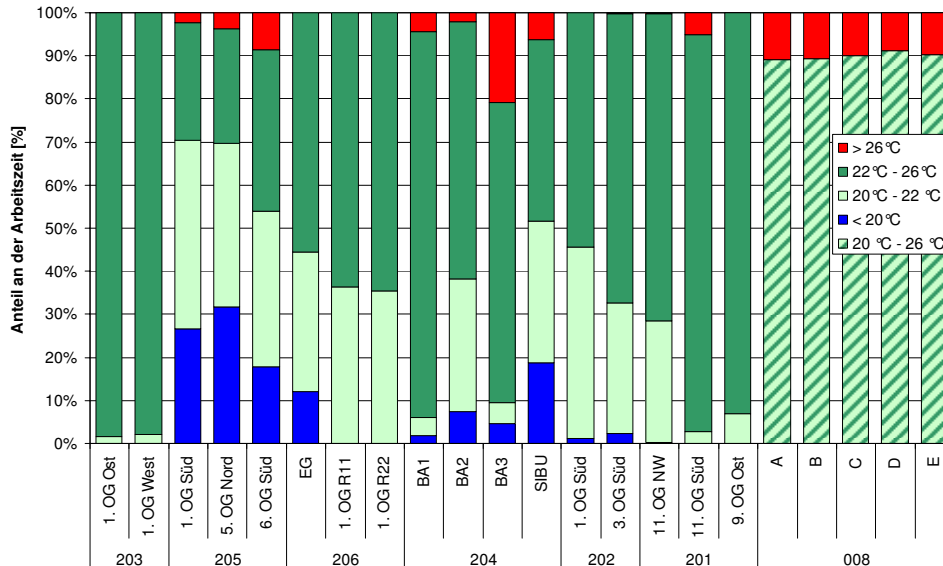


**Bild 18. Flächeneffizienz der Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik.**

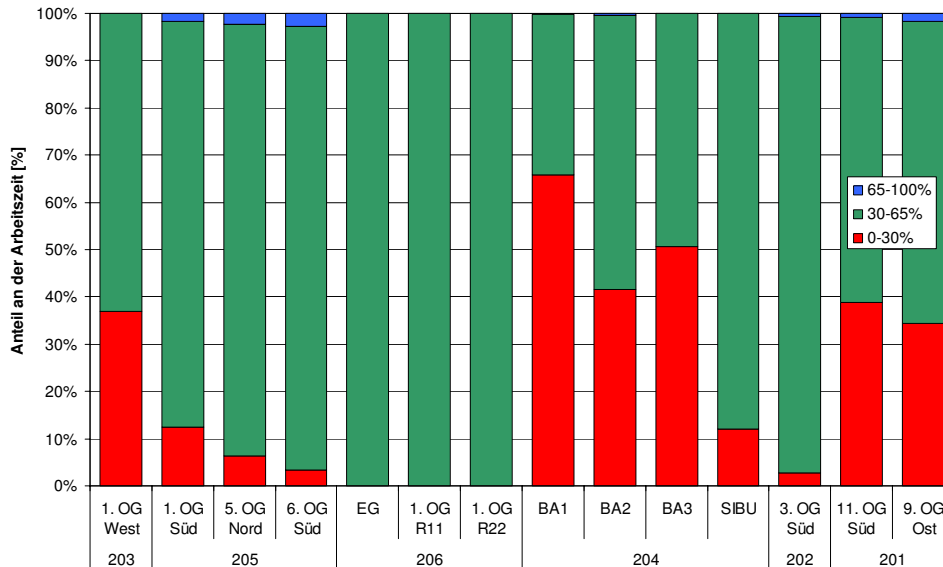
Bei der Auswertung der Flächen hat sich gezeigt, dass vier Gebäude mit dezentraler Lüftungstechnik erheblich unter dem Durchschnittswert nach IFMA liegen und mit Werten zwischen 2,3 % und 6,5 % eine hervorragende Flächeneffizienz haben. Zwei Gebäude haben mit 12,6 % und 17,8 % eine ähnliche bzw. erheblich geringere Flächeneffizienz als Gebäude mit zentraler Lüftungstechnik. Mögliche Ursachen sind bei beiden Gebäuden die großen Technikzentralen für die Tiefgaragenentlüftung.

### Statistische Jahresauswertung des thermischen Komforts

In Bild 19 ist die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Temperaturen in exemplarischen Büroräumen dargestellt. Die Lang- und Kurzzeitmessungen sowie die Nutzerumfragen haben gezeigt, dass der thermische Komfort in den untersuchten Gebäuden sehr gut ist. Es wurden kaum Überhitzungserscheinungen gemessen. Die Messergebnisse wurden durch die ebenfalls positiven Ergebnisse der Nutzerumfrage untermauert.



**Bild 19. Statistik der Temperaturverteilung - Messzeitraum bis zu 1 Jahr.**



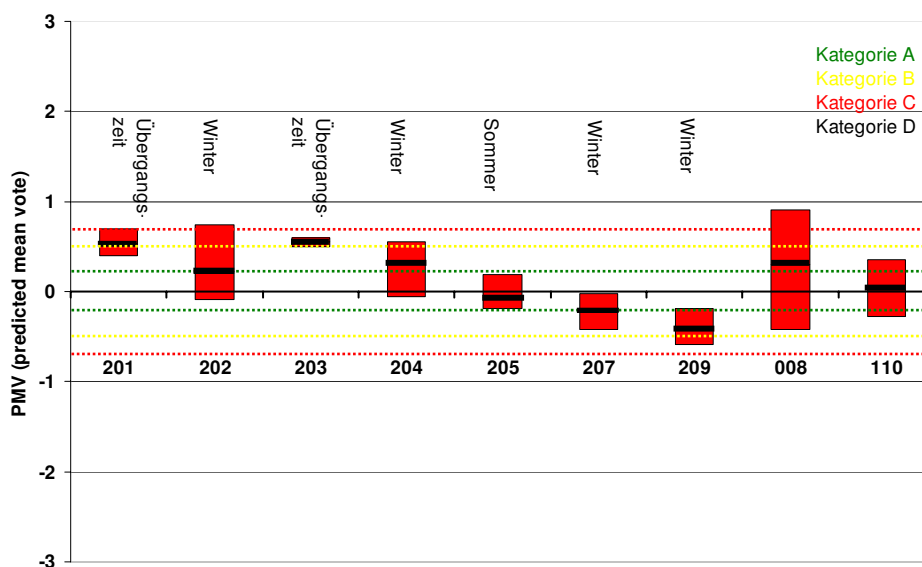
**Bild 20. Statistik der relativen Luftfeuchtigkeit - Messzeitraum bis zu 1 Jahr.**

In Bild 20 ist die statistische Auswertung der relativen Luftfeuchtigkeit in den Räumen dargestellt. Bei den Gebäuden ohne Zuluftbefeuchtung wurde während der Heizperiode naturgemäß eine etwas niedrigere relative Luftfeuchtigkeit gemessen. Bei zwei Gebäuden wurde eine Zuluftbefeuchtung umgesetzt, diese funktioniert entsprechend den definierten

Klimaparametern. Die Luftqualität in den Büroräumen hatte annähernd Außenluftqualität und bot keinen Anlass zur Kritik.

### Auswertung nach DIN EN ISO 7730

In Bild 21 sind die PMV-Indizes der Gebäude dargestellt. Da jeweils an mehreren Arbeitsplätzen und zu verschiedenen Tageszeiten (morgens, mittags, abends) gemessen wurde, sind die Indizes Durchschnittswerte der Gebäude (schwarzer Strich).



**Bild 21. Durchschnittliche PMV-Indizes der Gebäude.**

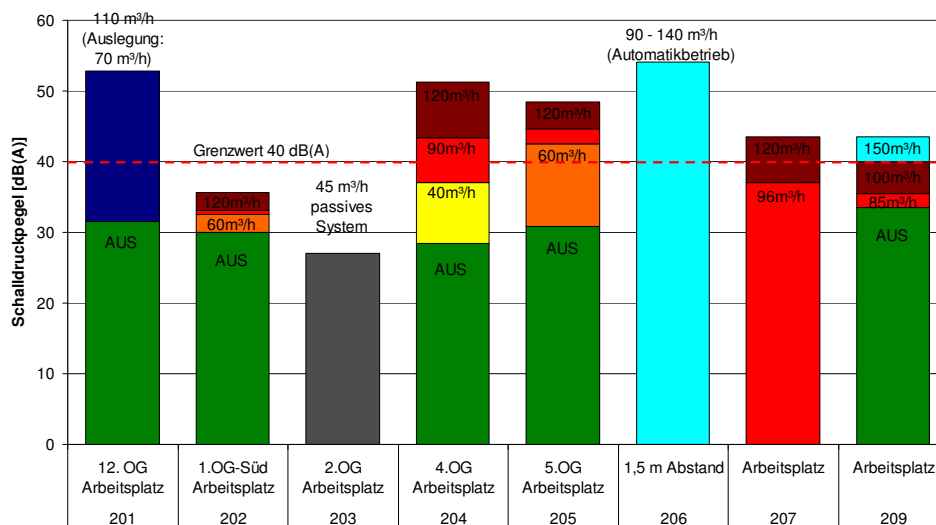
Die roten Balken geben jeweils die Werte mit dem höchsten und dem niedrigsten PMV-Index an. Die Indizes werden in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730 in die vier Kategorien A, B, C und D unterteilt, wobei Räume mit der Kategorie A den höchsten thermischen Komfort aufweisen und Räume mit der Kategorie D den schlechtesten.

Die Durchschnittswerte von vier Gebäuden befinden sich innerhalb Kategorie A, die restlichen fünf Gebäude befinden sich in Kategorie B bzw. zur Grenze zu Kategorie C. Das heißt, der thermische Komfort in den Gebäuden ist gut bis sehr gut.

### Schallemissionen

In Bild 22 sind die Ergebnisse der Schallmessungen in den Gebäuden und der Grenzwert entsprechend DIN 1946 für Büroarbeitsplätze von 40 dB(A) dargestellt. Die Messungen wurden pro Gebäude an mehreren Arbeitsplätzen durchgeführt und die Ergebnisse gemittelt.





**Bild 22. Schallemissionen der Lüftungsgeräte am Arbeitsplatz.**

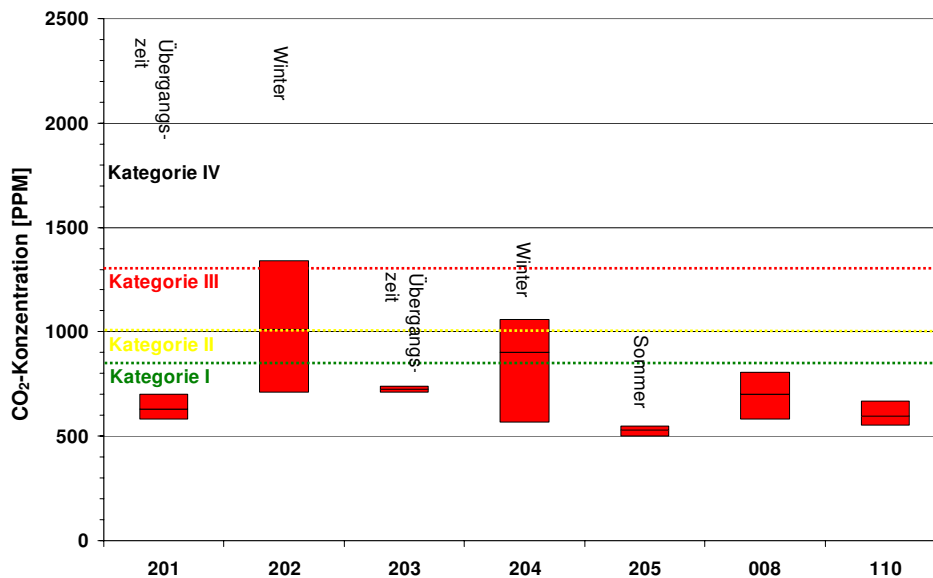
In den meisten Gebäuden kam es zu einer – teilweise drastischen – Überschreitung des Grenzwerts für Schallemissionen am Arbeitsplatz. Dies war teilweise auf falsch eingestellte Ventilatoren bzw. zu gering dimensionierte oder nicht vorhandene Schalldämpfer zurückzuführen. Die „Standardgeräte“ der Hersteller haben sich besser bewährt als Geräte die speziell für bestimmte Bauprojekte entwickelt wurden.

### Luftqualität

In Bild 23 sind die Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der CO<sub>2</sub>-Messungen in den Gebäuden dargestellt. Die DIN EN 15251 bezieht sich auf Grenzwerte **oberhalb** der Außenluftkonzentration. Weil der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Außenluft nicht gemessen wurde, wird von einem Gehalt von 500 ppm ausgegangen und zu den entsprechenden Grenzwerten addiert.

Bis auf Gebäude 202 und 204 liegen die Mittelwerte aller Gebäude in der Kategorie I. In Gebäude 201 wird – im Vergleich zu Auslegung - die doppelte Luftmenge gefördert und Gebäude 205 ist nicht belegt. Die Messwerte sind entsprechend gut.

Die Mittelwerte der Gebäude 202 und 204 liegen in der Kategorie II. Die beiden letztgenannten Gebäude weisen im Vergleich zu den anderen Gebäuden eine verhältnismäßig hohe Belegungsichte und damit viele CO<sub>2</sub>-Emittenden auf.



**Bild 23.** Maximal-, Minimal- und Mittelwerte der CO<sub>2</sub>-Konzentration an den Arbeitsplätzen.

### Erfahrungen aus dem Projekt DeAL: Energieversorgung - Nutzenergieabgabe im Raum

Im Folgenden werden die Erfahrungen aus dem Projekt DeAL in Bezug auf die Kombination bei Gebäude 201. Bei Gebäude 201 wurde eine vollverglaste Doppelfassade ohne beweglichen Sonnenschutz und Unterflurlüftungsgeräte in Kombination mit einer Betonkerntemperierung umgesetzt. Trotz des niedrigen g-Werts der Doppelfassade (ESG mit Sonnenschutz-Beschichtung und Wärmeschutzverglasung) ergeben sich fassadenabhängig hohe solare Gewinne. D.h. es kann fassadenabhängig während der Übergangszeit und Heizperiode gleichzeitig ein Heiz- und Kühlenergiebedarf auftreten. Mit den eingesetzten Lüftungsgeräten mit 2 Leitern und Changeover-Betrieb kann dieser gleichzeitige Bedarf nicht gedeckt werden, 4-Leitergeräte wären geeigneter gewesen. Weiterhin wirkt sich die fehlende GLT-Visualisierung negativ auf den Gebäudebetrieb aus: Störmeldungen von den Geräten, fehlende Zeitprofile und Warnungen, dass die Luftfilter gewechselt werden müssen, werden nicht gemeldet. Weiterhin sind die Ventilatoren auf einen zu hohen Luftvolumenstrom eingestellt, was zu zahlreichen Problemen führt: hohe Geräuschemissionen und Energieverbrauch sowie Zugluft. Trotz der vorgenannten Probleme hat das Gebäude einen verhältnismäßig niedrigen Energieverbrauch und guten Komfort.

Bei Gebäude 202 wurde eine Bandfassade mit außenliegenden Sonnenschutz und Unterflurgeräte mit ergänzender Umluftfunktion umgesetzt. In der Planungs- und Bauphase sind aufgrund des geringen Platzes im Doppelboden Probleme bei der Schallentkopplung bzw. Schalllängsleitung zwischen den Büroräumen aufgetreten. Diese konnten jedoch gelöst werden. Weiterhin wurde im Betrieb festgestellt, dass die Außenluftgeräte die gleiche Zulufttemperatur wie die Umluftgeräte aufweisen. Eine Quelllüftung wird dadurch verhindert; die Folge sind Komfortprobleme wegen Zugluft. Die mangelnde Kalibrierung der Raumlufttemperatur-Messfühler verstärkt diese Probleme.

In Gebäude 203 wurde eine Lochfassade mit verhältnismäßig geringem Fensterflächenanteil und passiven Nachströmelementen in Kombination mit einer Betonkerntemperierung umgesetzt. Die erwarteten hydraulischen Probleme mit den passiven Nachströmelementen sind im Gebäudebetrieb nicht aufgetreten; der Komfort im Gebäude ist sehr gut und der Energieverbrauch extrem niedrig. Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass das vorgenannte Konzept deshalb so gut funktioniert, weil die Räume fast ausschließlich als Großraumbüros genutzt werden und die Nachströmung durch geschlossene Büroraumtüren nicht gestört wird. Die sehr einfachen Geräte wurden mit Thermostatventilen ausgestattet, welche für die Einstellung der Zulufttemperatur im Heiz- und im Kühlbetrieb nicht geeignet sind. Die Mitarbeiter haben dadurch fast keine Möglichkeit auf den Raumkomfort Einfluss zu nehmen.

In Gebäude 204 wurde eine Lochfassade mit außenliegendem Sonnenschutz und Brüstungsgeräten mit Umluftfunktion umgesetzt. Aufgrund des guten sommerlichen Wärmeschutzes und des sehr einfachen Wärme- und Kälteversorgungskonzepts der Büroräume sowie die Tatsache, dass Standardgeräte des Herstellers eingesetzt wurden, traten bei diesem Gebäude wenige Probleme bei Planung, Bau und Betrieb auf. Förderlich war bei diesem Gebäude sicherlich auch die Tatsache, dass in den beiden vorhergehenden Bauabschnitten dezentrale Lüftungsgeräte eingesetzt wurden und dadurch erhebliche Vorkenntnisse und Erfahrungen des Bauherrn mit dezentraler Lüftungstechnik vorhanden waren. Die aufgetretenen Komfortprobleme sind höchst wahrscheinlich auf eine Fehlbedienung der Nutzer zurückzuführen, die bei hohen Außenlufttemperaturen die Fenster öffnen und damit die Lüftungsgeräte deaktivieren und eine effektive Kühlung der Räume verhindern.

Bei Gebäude 205 wurde eine Lochfassade mit Kastenfenstern und Brüstungsgeräten mit Umluftfunktion in Kombination mit einer Betonkerntemperierung umgesetzt. Aufgrund der Anforderungen die Geräte in das sehr kompakte Fassadenpaneel unterzubringen, mussten diese unter dem Zeitdruck einer Gebäudeplanung neu entwickelt werden. Als Folge davon sind Qualitätsmängel (Elektroanschlüsse, Luftkurzschluss zwischen Fort- und Außenluft) aufgetreten und mussten mit erheblichem Aufwand nachgebessert werden. Zudem konnte kein Schalldämpfer integriert werden, so dass es zu erhöhten Schallemissionen bei hohen Lüfterstufen kommt.

Bei Gebäude 206 wurden dezentrale Lüftungsgeräte mit Außen- und Umluftfunktion im Rahmen einer Sanierung eines Museumsgebäudes eingesetzt. Aufgrund der strengen klimatischen Anforderungen haben die Geräte neben der Zuluftheizung und -kühlung eine Be- und Entfeuchtungsfunktion. Die klimatischen Anforderungen werden von den Geräten sehr gut eingehalten. Allerdings weisen die Geräte aufgrund der vorgenannten zahlreichen Funktionen einen erheblichen Wartungsaufwand auf. Zudem kommt es verhältnismäßig häufig zu Lagerschäden an den Umluftgeräten, was zu einer erheblichen Geräuschentwicklung führt. Bei der Planung des Lüftungskonzepts wurden Vorgaben für die Aufstellung der Exponate gemacht, um einen ausreichenden Luftaustausch in den Ausstellungsräumen zu erreichen. Im Museumsbetrieb wird auf diese Vorgaben keine Rücksicht genommen. Aufgrund des laufenden Museumsbetriebs konnten keine Nebelversuche o.ä. durchgeführt werden, um dies zu überprüfen. Auf die sehr gute Einhaltung der Klimavorgaben hatte die geänderte Aufstellung der Exponate keinen Einfluss.

## 2.2. Gebäudebeschreibungen

Im Rahmen der in Kapitel 2.1.2 bis 2.1.3 genannten Forschungsprojekte wurden verschiedene Aspekte bei den Gebäuden untersucht. Allen Gebäuden ist folgendes gemeinsam:

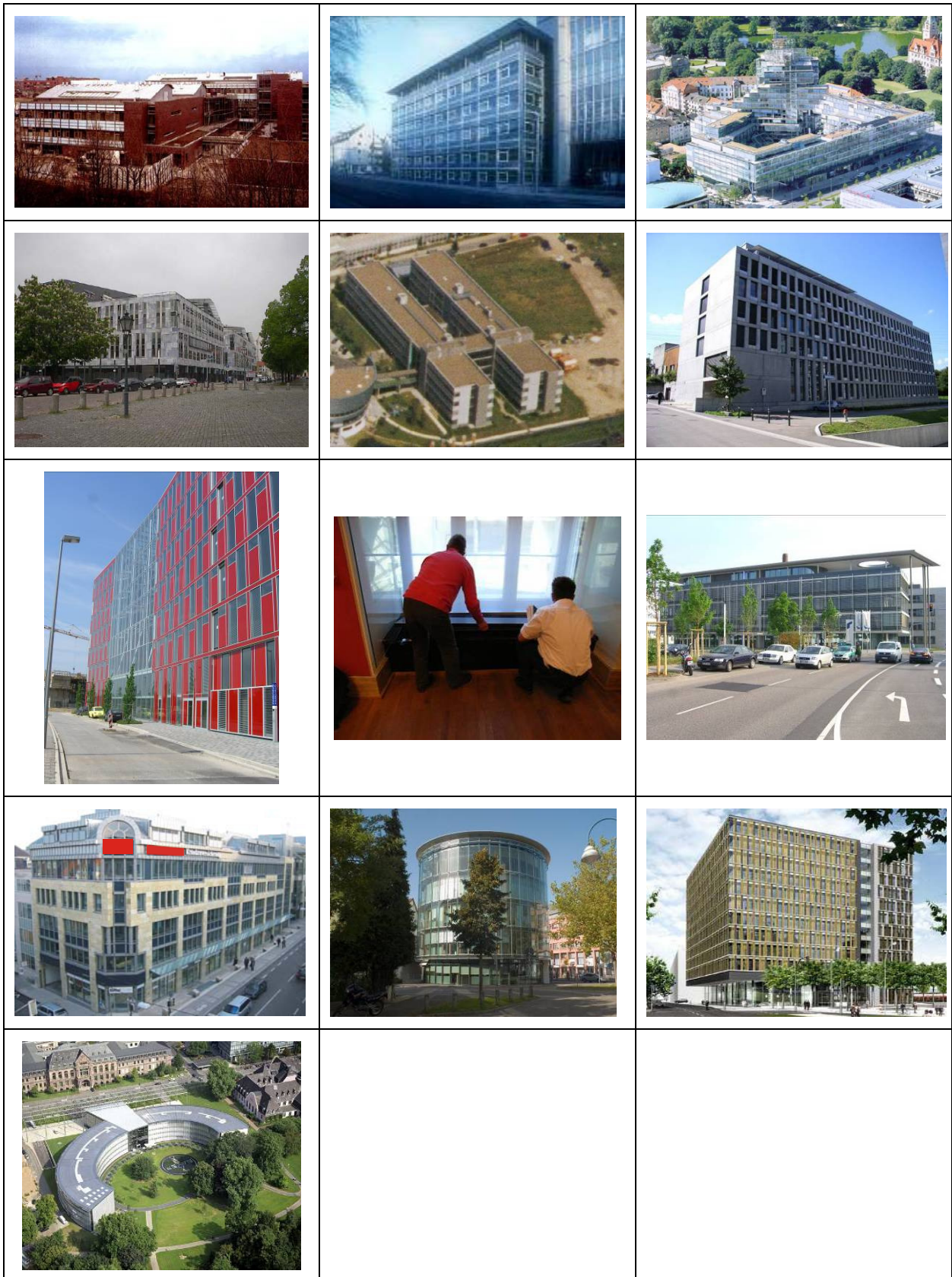
- Baujahr bzw. Sanierung nach 1994
- Nichtwohngebäude mit Schwerpunkt auf Bürogebäude
- Schwerpunkt auf Gebäude mit energieeffizienten Technologien und speziellen Energiekonzepten

Im Folgenden sind Außenansichten der untersuchten Gebäude dargestellt. Aus Datenschutzgründen sind sowohl die Fotos als auch die Ergebnisse der Evaluierungsprojekte anonymisiert.







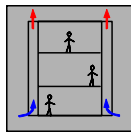


## 2.3. Beurteilung der Gebäude- und Energiekonzepte

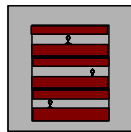
### 2.3.1 Steckbriefe

Zunächst wurden die Energiekonzepte inklusive Fassaden und Technik der einzelnen Gebäude in „Gebäudesteckbriefen“ erfasst und beschrieben. Für einen schnellen Überblick werden die Energiekonzepte mit den folgenden Piktogrammen charakterisiert:

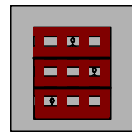
#### Fassade / Atrium



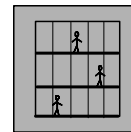
Doppelfassade



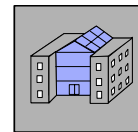
Bandfassade



Lochfassade

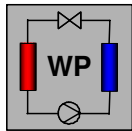


Vollverglasung

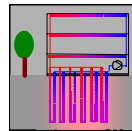


Atrium

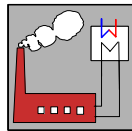
#### Energieversorgung



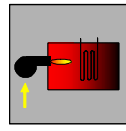
Wärmepumpe



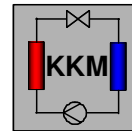
Energiepfähle /  
Erdsonden



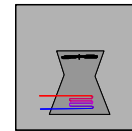
Fernwärme



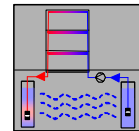
Gaskessel



Kompressions-  
kälte

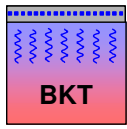


freie Kühlung

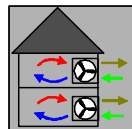


Grundwasser-  
nutzung

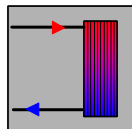
#### Energieübertragung



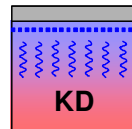
Betonkern-  
temperierung



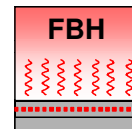
dez. Lüftungs-  
geräte mit  
Umluftfunktion



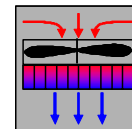
Konvektor /  
Radiator



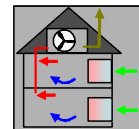
Heiz-  
/Kühldecke



Fußboden-  
heizung

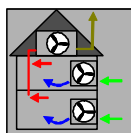


Umluftkühler

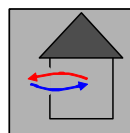


Nachström-  
elemente mit  
Wärmet.

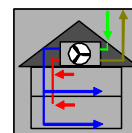
#### Lüftung



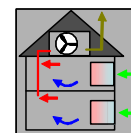
dezentrale Zuluft,  
zentrale Abluft



Fensterlüftung



zentrale Zu-/Abluft



Zentrale Abluft, passive  
Nachströmung

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich die oben genannten Charakterisierungen immer auf die überwiegend eingesetzte Technik beziehen. D.h., dass in einem Gebäude mit Fensterlüftungssymbol in Standardbüros natürlich gelüftet, aber in Teilbereichen wie Besprechungs- oder Konferenzräume gegebenenfalls auch mechanisch gelüftet wird.

### 2.3.2 Erfahrungen mit den Gebäuden

Die Gebäude und deren Energiekonzepte werden durch ihren Energieverbrauch, den thermischen Komfort, die Nutzerbefragung und positive sowie negative Aspekte im Rahmen der Konzeption, Planung, Bau und Betrieb charakterisiert. Dies erfolgt in Steckbriefen ab Kapitel 4.

Der Jahres-Primärenergieverbrauch wird über die Primärenergiefaktoren der EnEv aus dem Endenergieverbrauch Wärme und Strom errechnet. Als Bezugsfläche dient die beheizte Netto-Geschossfläche (NGF). Für eine schnelle Beurteilung des Energieverbrauchs der Gebäude, werden die Verbrauchszahlen zusätzlich durch die Ampelfarben rot, gelb und grün hinterlegt. Die Farbgebung bezieht sich auf den gemittelten Energieverbrauch der Bürogebäude aus der EVA-Studie:

- Jahres-Primärenergieverbrauch: 284 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Jahres-Endenergieverbrauch Wärme: 76 kWh/(m<sup>2</sup>a)
- Jahres-Endenergieverbrauch Strom: 73 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Liegt der Energieverbrauch der Gebäude 25 % unter dem Mittelwert der EVA-Studie ist die Energie-Ampel grün; liegt der Energieverbrauch 25 % darüber ist sie rot. Bewegt sich der Energieverbrauch im Mittelfeld zwischen - 25 % und + 25 % ist die Energie-Ampel gelb.

Der thermische Komfort in den Gebäuden wird anhand der Anzahl der jährlichen Überhitzungsstunden evaluiert. Als Überhitzungsstunde wird eine Stunde mit Raumlufttemperaturen über 26 °C während der Arbeitszeit (Mo - Fr; 08:00 bis 18:00 Uhr) bezeichnet. Die Überhitzungsstunden werden in der Regel in mehreren Räumen pro Gebäude ermittelt, so dass pro Gebäude eine gemittelte Anzahl an Überhitzungsstunden angegeben wird. Für eine schnelle Beurteilung des thermischen Komforts in den Gebäuden, werden die Überhitzungsstunden zusätzlich durch die Ampelfarben rot, gelb und grün hinterlegt.

Die Farbgebung bezieht sich auf die gemittelten Überhitzungsstunden in den Gebäuden der EVA-Studie von durchschnittlich 182 h/a und erfolgt analog zur Energie-Ampel: Liegen die jährlichen Überhitzungsstunden 25 % unter dem Mittelwert der EVA-Studie, ist die Komfort-Ampel grün; liegen die Überhitzungsstunden 25 % darüber, ist sie rot. Bewegen sich die Überhitzungsstunden im Mittelfeld zwischen - 25 % und + 25 % ist die Komfort-Ampel gelb.

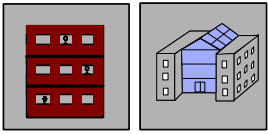
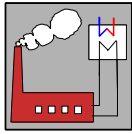
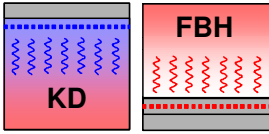
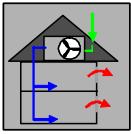
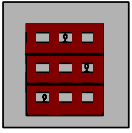
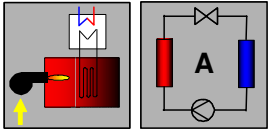
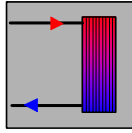
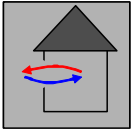
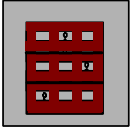
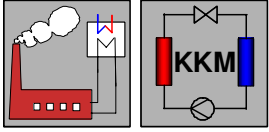
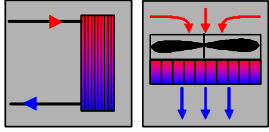
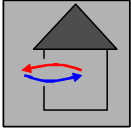
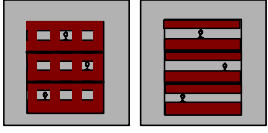
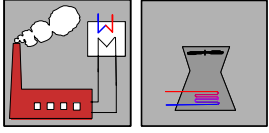
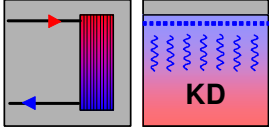
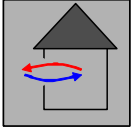
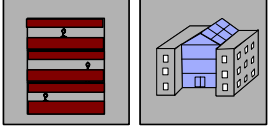
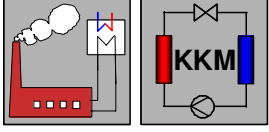
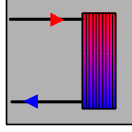
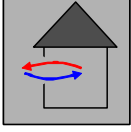
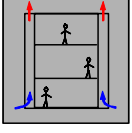
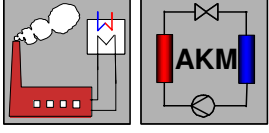
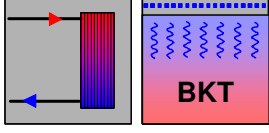
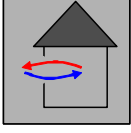
Weiterhin wurden in mehreren Gebäuden Nutzerumfragen durchgeführt. Eine zentrale Frage in den Umfragen war die nach der Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz. Aufgrund der unterschiedlichen Fragebögen in den verschiedenen Forschungsprojekten variiert die Anzahl der möglichen Antworten zwischen fünf und sieben. Aus den Antworten wurde eine Statistik mit der prozentualen Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz erstellt. Für den Vergleich in der Zusammenfassung wurde der prozentuale Anteil der Zufriedenen (besser als unzufrieden oder leicht unzufrieden) in einer Prozentzahl zusammengefasst.

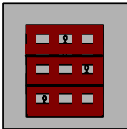
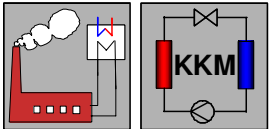
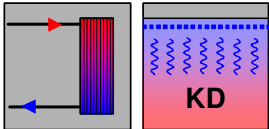
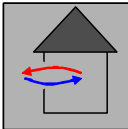
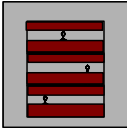
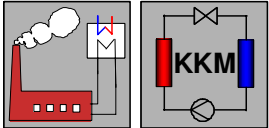
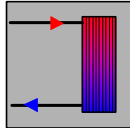
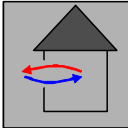
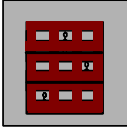
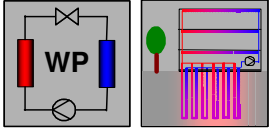
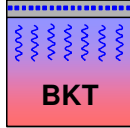
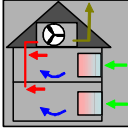
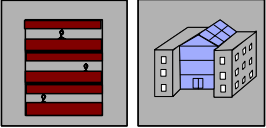
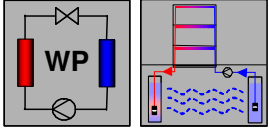
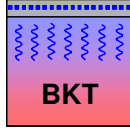
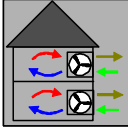
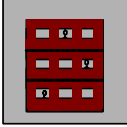
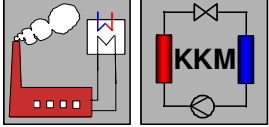
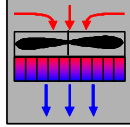
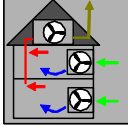
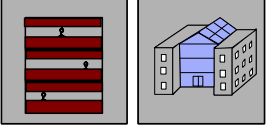
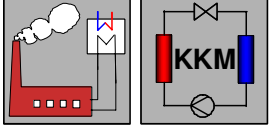
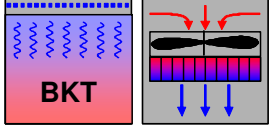
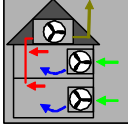


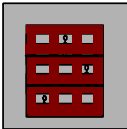
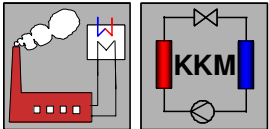
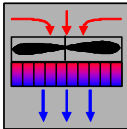
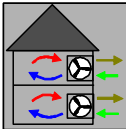
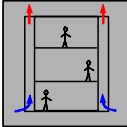
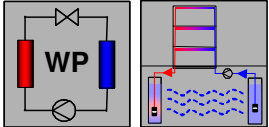
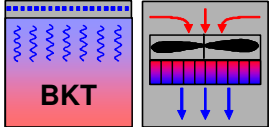
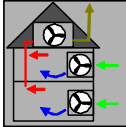
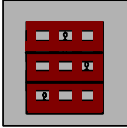
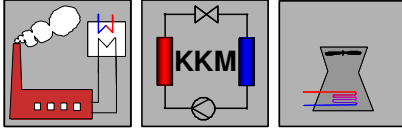
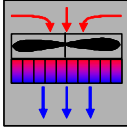
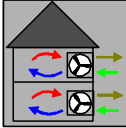
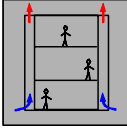
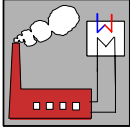
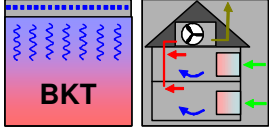
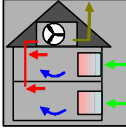
### 3. ZUSAMMENFASSUNG DER TECHNIKKONZEPTE

| Gebäude/<br>Seite Nr. | Fassade/Atrium | Energieversorgung | Energieübertragung | Lüftung | PE-<br>Verbrauch<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)] | Überhitzung<br>[h/a] | Nutzerzu-<br>friedenheit<br>[%] |
|-----------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------|---|----------------------|---------------------------------|
| 201<br>Seite 46       |                |                   |                    |         | 375   | 43                   | 76%                             |
| 008<br>Seite 48       |                |                   |                    |         | 220   | 258                  | k.A.                            |
| 001<br>Seite 50       |                |                   |                    |         | 304   | 56                   | k.A.                            |
| 017<br>Seite 52       |                |                   |                    |         | 316   | 362                  | k.A.                            |
| 005<br>Seite 54       |                |                   |                    |         | 161   | k.A.                 | k.A.                            |
| 011<br>Seite 56       |                |                   |                    |         | 421   | 192                  | 81%                             |

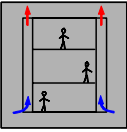
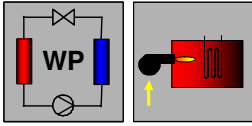
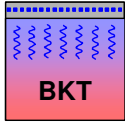
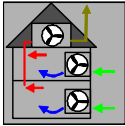
| Gebäude/<br>Seite Nr. | Fassade/Atrium | Energieversorgung | Energieübertragung | Lüftung | PE-<br>Verbrauch<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)] | Überhitzung<br>[h/a] | Nutzerzu-<br>friedenheit<br>[%] |
|-----------------------|----------------|-------------------|--------------------|---------|---|----------------------|---------------------------------|
| 009<br>Seite 58       |                |                   |                    |         | 399   | k.A.                 | k.A.                            |
| 015<br>Seite 60       |                |                   |                    |         | 454   | k.A.                 | 80%                             |
| 016<br>Seite 62       |                |                   |                    |         | 236   | 315                  | k.A.                            |
| 018<br>Seite 64       |                |                   |                    |         | 135   | 216                  | 86%                             |
| 002<br>Seite 66       |                |                   |                    |         | 368   | 118                  | k.A.                            |
| 006<br>Seite 68       |                |                   |                    |         | 145   | 157                  | 84%                             |

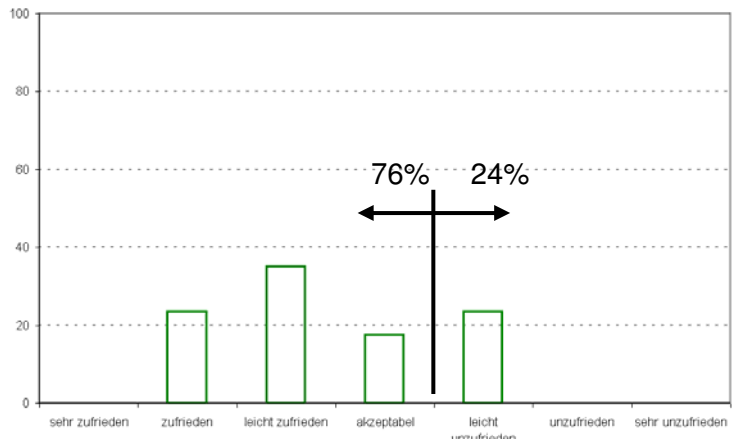
| Gebäude/<br>Seite Nr. | Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung  | Lüftung   | PE-<br>Verbrauch<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)] | Überhitzung<br>[h/a] | Nutzerzu-<br>friedenheit<br>[%] |
|-----------------------|---|---|---|---|---|----------------------|---------------------------------|
| 004<br>Seite 70       |    |    |    |    | 304   | 46                   | k.A.                            |
| 010<br>Seite 72       |    |    |    |    | 359   | k.A.                 | k.A.                            |
| 014<br>Seite 74       |    |    |    |    | 180   | 330                  | 87%                             |
| 003<br>Seite 76       |   |   |   |   | 942   | 48                   | k.A.                            |
| 019<br>Seite 78       |  |  |  |  | 214   | 193                  | 80%                             |
| 012<br>Seite 80       |  |  |  |  | 392   | 143                  | k.A.                            |

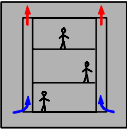
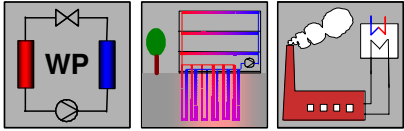
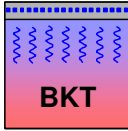
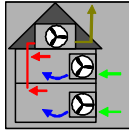
| Gebäude/<br>Seite Nr. | Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung  | Lüftung   | PE-<br>Verbrauch<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)] | Überhitzung<br>[h/a] | Nutzerzu-<br>friedenheit<br>[%] |
|-----------------------|---|---|---|---|---|----------------------|---------------------------------|
| 013<br>Seite 82       |    |    |    |    | 207   | 337                  | 82%                             |
| 007<br>Seite 84       |    |    |    |    | 289   | k.A.                 | k.A.                            |
| 203<br>Seite 86       |    |    |    |    | 170   | 1                    | 81%                             |
| 205<br>Seite 88       |   |   |   |   | 99  | 114                  | k.A.                            |
| 206<br>Seite 90       |  |  |  |  | k.A.  | k.A.                 | k.A.                            |
| 202<br>Seite 92       |  |  |  |  | 318   | 4                    | 100%                            |

| Gebäude/<br>Seite Nr. | Fassade/Atrium   | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung  | PE-<br>Verbrauch<br>[kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGF</sub> a)] | Überhitzung<br>[h/a] | Nutzerzu-<br>friedenheit<br>[%] |
|-----------------------|--|--|--|--|---|----------------------|---------------------------------|
| 204<br>Seite 94       |   |   |   |   | 458   | 229                  | 94%                             |
| 207<br>Seite 96       |   |   |   |   | 267   | k.A.                 | k.A.                            |
| 209<br>Seite 98       |   |  |   |   |   |                      |                                 |
| 110<br>Seite 100      |  |  |  |  |   |                      |                                 |

#### 4. GEBÄUDESTECKBRIEFE

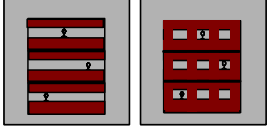
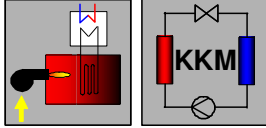
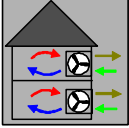
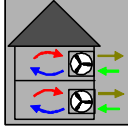
| <b>Steckbrief Gebäude 201</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2004<br>Nutzung: Bürogebäude, überwiegend Großraumbüros<br>Brutto Grundfläche: 10.337 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 7.409 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: UG, EG, 13 OG, DG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Doppelfassade mit innen liegendem Blendschutz</li> <li>- Innenfassade: 3-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Außenfassade: 1-fach Verbundsicherheitsglas mit Sonnenschutzbeschichtung</li> <li>- Vorhaltungen für Sonnenschutz in der Doppelfassade vorhanden, Behang nicht eingebaut</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bivalente, umschaltbare Wärmepumpe (Wärmequelle: Abluft Büros und WCs)</li> <li>- Spitzenlast-Gaskessel</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bivalente, umschaltbare Wärmepumpe (Rückkühlung: hybrider Trockenkühler)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung</li> <li>- Im Fassadenbereich installierte aktive dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung</li> <li>- Im Fassadenbereich installierte aktive dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 313 Geräte</li> <li>- Aktive Unterflur-Zuluftgeräte</li> <li>- Zentrale aktive Abluft</li> <li>- 2-Leiterwärmetauscher im Change-Over-Betrieb: für Heizung und Kühlung</li> <li>- Konstanter Volumenstrom</li> <li>- Beeinflussung der Raumtemperatur über ein zentrales Bedienfeld pro Geschoss</li> </ul>      |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 201</b>   |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch* gesamt:   | 375 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 42 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 122 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 43 h/a   | ■ |
| <p><sup>1</sup> Wärmebedarf teilweise über elektrische Wärmepumpe gedeckt<br/>                     * Das Gebäude steht in der Schweiz, für die Vergleichbarkeit wurde der PE-Faktor der EnEV herangezogen.</p>   |  |  |   |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |  |   |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hervorragender Blickkontakt zur Umgebung</li> <li>- Transparente, offene Bürobereiche</li> <li>- Sehr gute Tageslichtnutzung</li> <li>- Innovative Hochhausarchitektur mit 15 Geschossen</li> </ul>   |  |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Laut Nutzerbefragung hohe Gesamtzufriedenheit mit den Arbeitsplätzen</li> <li>- Sehr guter thermischer Komfort</li> </ul>   |  |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |  |   |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Change-Over Betrieb: der dezentralen Lüftungsgeräte führt zu Problemen, da zeitweise Heiz- und Kühlenergiebedarf fassadenabhängig gleichzeitig auftritt.</li> <li>- Es ist keine GLT Visualisierung vorhanden.</li> </ul>   |  |   |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufgrund eines Gerätefehlers fördern die Geräte einen zu hohen Luftvolumenstrom.</li> <li>- Es wurde ein Sonnenschutz geplant, aber kein Sonnenschutz in die Doppelfassade eingebaut. Folge: während der Übergangszeit oftmals hohe Raumlufttemperaturen.</li> </ul>  |  |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Nutzer haben kaum Einflussmöglichkeiten auf den thermischen Komfort.</li> <li>- Es ist kein Wartungskonzept der dez. Lüftungsgeräte vorhanden. Die Filter werden gewechselt, wenn die Geräte zu laut werden.</li> <li>- Die Geräte laufen ganzjährig 24 Stunden pro Tag (keine Zeitprofile).</li> <li>- Die Vorlauftemperatur-Regelung ist defekt.</li> </ul> |  |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |  |  |   |
|  <p>Bar chart showing user satisfaction levels. The x-axis categories are: sehr zufrieden, zufrieden, leicht zufrieden, akzeptabel, leicht unzufrieden, unzufrieden, sehr unzufrieden. The y-axis ranges from 0 to 100. The 'zufrieden' bar is at 24%, and the 'leicht unzufrieden' bar is at 76%. A double-headed arrow spans between these two bars.</p> |  |  |   |

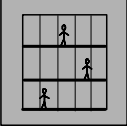
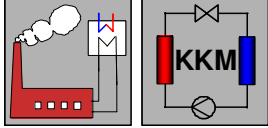
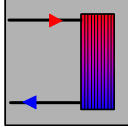
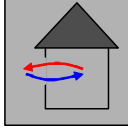
| <b>Steckbrief Gebäude 008</b>   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung  | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Bürogebäude mit Großraum- und Zellenbüros<br>Brutto Grundfläche: 10.886 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 8.714 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 4 OG   |   |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Doppelfassade mit integriertem Sonnenschutz</li> <li>- Innenfassade: 2-fach Wärmeschutzverglasung mit Schiebeelementen</li> <li>- Außenfassade: 1-fach Einscheibensicherheitsglas</li> <li>- Motorisch gesteuerte vertikale Lamellen als Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum</li> </ul> |   |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme</li> <li>- Umschaltbare bivalente Wärmepumpe (Wärmequelle: 17 je 100 m lange Energiepfähle)</li> <li>- Wärmepumpe WRG Abluft</li> </ul>  |   |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freie Kühlung über 17 je 100 m lange Energiepfähle</li> </ul>  |   |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung</li> <li>- Im Fassadenbereich installierte passive dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>  |   |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung</li> <li>- Im Fassadenbereich installierte passive dezentrale Lüftungsgeräte mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>  |   |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Passive Nachströmung Zuluft über dezentrale Lüftungsgeräte</li> <li>- 2 zentrale Abluftanlagen (Ost/Westflügel), im Heizfall WRG über Wärmepumpe</li> <li>- Fensterlüftung über Schiebeelemente in der Fassade</li> </ul>  |   |   |



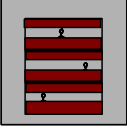
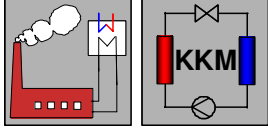
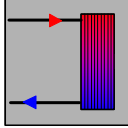
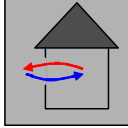
| <b>Erfahrungen Gebäude 008</b>                           |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 220 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 32 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 66 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26°C):   | 258 h/a                                   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Innovatives Energiekonzept</li> <li>- Anspruchsvolle Architektur</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Betrieb::</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Niedriger Energieverbrauch</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Ansaugtemperaturen der Nachströmung bedingt durch Doppelfassade</li> <li>- Strömungsrichtung Abluft durch Fensterlüftung gestört</li> <li>- Keine Präsenzsteuerung für die Beleuchtung in den Büros</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringer mechanischer Luftwechsel</li> <li>- Gesamtes Gebäude kann nur geheizt oder gekühlt werden, ein gemeinsamer Anschluss an die Wärme-/Kälteversorgung</li> <li>- Vorlauf/Rücklauftemperaturen aller Heiz-/Kühlkreise gleich</li> <li>- Heiz-/Kühlleistung der einzelnen Kreise wegen fehlender Vorlaufbeimischung nur über Massenstrom regelbar</li> <li>- Vorlauf der dezentralen Lüftungsgeräte ist auf VL Betonkerntemperierung begrenzt</li> </ul> |   |  |  |
| <b>Betrieb::</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Geringe Kühlleistung Betonkerntemperierung (VL-RL Temperaturniveau annähernd gleich)</li> <li>- Hohe Laufzeiten Lüftungsanlage (ca. 6000 h/a)</li> <li>- große Anzahl an jährlichen Überhitzungsstunden</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |  |
| In Gebäude 008 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |  |

| <b>Steckbrief Gebäude 001</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: Anfang 1990<br>Nutzung: Bürogebäude mit Einzel/Gruppenbüros<br>Brutto Grundfläche: 8.370 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 7.533 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 2 UG, EG, 3 OG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Loch-/Bandfassade mit außenliegendem Sonnenschutz und teilweise öffenbaren Fensterflügeln</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung im Bereich der Festverglasung</li> <li>- 3-fach Wärmeschutzverglasung im Bereich der öffenbaren Fensterflügel</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Gaskessel für Heizung und Warmwasserbereitung</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kompressionskältemaschinen (mit integrierten luftgekühlten Rückkühlern)</li> <li>- 1 Kompressionskältemaschine mit externem Rückkühler</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Fassadenbereich installierte dezentrale Lüftungsgeräte (Umluft-Betrieb) mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Fassadenbereich installierte dezentrale Lüftungsgeräte (Umluft-Betrieb) mit Heiz/Kühlregister (Change-Over)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zu/Abluft, Umluft über dezentrale Lüftungsgeräte im Fassadenbereich mit WRG</li> <li>- Zentrale Zu/Abluft für Kernbereiche mit WRG</li> </ul>  |  |   |

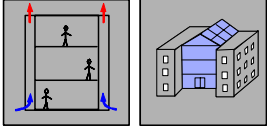
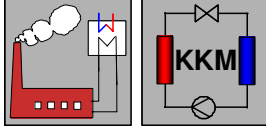
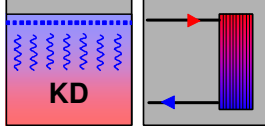
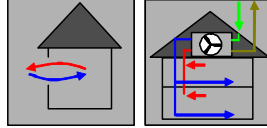
| <b>Erfahrungen Gebäude 001</b>                           |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 304 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 102 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 66 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26°C):   | 56 h/a                                    | ■ |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | - sehr wenige jährliche Überhitzungsstunden   |   |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine separaten Heiz/Kühlkreise für Nord- und Südfassade</li> <li>- Kompressionskältemaschine für Winterfall (Serverräume) überdimensioniert</li> </ul>  |   |   |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fehlende Verriegelung im 2 Leiter-System zwischen Heiz/Kühlkreislauf (gleichzeitiges Heizen und Kühlen)</li> <li>- Installierte Kühlregister in den dezentralen Lüftungsgeräten bei hohen Ansaugtemperaturen (Außenluft) zu klein dimensioniert, dadurch Zufuhr von „warmer“ Zuluft in den Raum</li> <li>- Luftführung der dezentralen Geräte im Kühlfall verursacht schlechten Komfort</li> <li>- Fehlende Kondensatwanne/ableitung. Vorlauftemperatur dadurch auf Taupunkt begrenzt.</li> </ul>  |   |   |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Außentemperatursensoren defekt/fehlerhaft montiert</li> <li>- Sonnenschutzregelung Ostfassade unpräzise eingestellt</li> <li>- Leitungsführung Change-Over System nicht einheitlich ausgeführt</li> </ul>  |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Wochenend-/Nachtabenkung</li> <li>- Durch Nutzer deaktivierte Sensorik und Aktorik im Raum</li> <li>- Lange Laufzeiten Lüftungsanlagen</li> <li>- Umwälzpumpe Kühlkreislauf andauernd in Betrieb</li> <li>- Heizung bis Außentemperaturen von 20°C in Betrieb</li> <li>- Beheizen der Büroräume in kühlen Sommernächten</li> <li>- Zentral geregelte „Kühlpause“ der dezentralen Lüftungsgeräte von 11:00 - 12:00 Uhr</li> <li>- Keine übergeordnete Steuerung der dezentralen Lüfter möglich. Heiz/Kühlleistung bei Deaktivierung der Lüfter zu gering</li> <li>- Häufige Wartung der dezentralen Geräte</li> </ul> |   |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |   |
| In Gebäude 001 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |   |

| <b>Steckbrief Gebäude 017</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1998<br>Nutzung: Bürogebäude, Zellenbüros für Einzel- oder Doppelbüronutzung<br>Brutto Grundfläche: 117.267 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 105.540 m <sup>2</sup><br>Geschosse: Hochhaus mit 31 Stockwerken, 3 Riegel mit 10 Stockwerken, Verbindungsspangen 6 Stockwerke, gemeinsam 2 UG |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- vollverglastes Hochhaus mit innenliegendem Sonnenschutz</li> <li>- Riegel, Spangen bis 5. OG Lochfassade, ab 6. OG vollverglast, WSV mit außenliegendem SS</li> </ul>  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme mit 4 parallelen Übergabestationen je 2 MW</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kompressionskälteanlagen mit 175 und 230 kW mit offenen Rückkühlern</li> <li>- 1 KKM für Küche mit 776 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umluftkühlgeräte für Serverräume</li> <li>- Kühldecken im 9.OG der Riegel</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung der Büros</li> <li>- Zu/Abluftanlage für die Flure und Kerne</li> <li>- Zuluftanlage für die Tiefgarage</li> </ul>  |  |   |

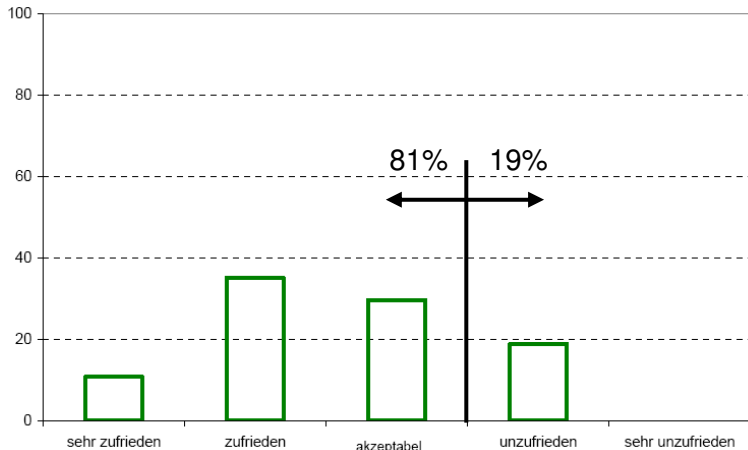
| <b>Erfahrungen Gebäude 017</b>                           |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 316 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 95 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 83 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 362 h/a                                   |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- repräsentative Architektur</li> <li>- einfaches Energiekonzept</li> </ul>          |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer thermischer Komfort</li> </ul>   |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Präsenz-/Tageslichtsteuerung für Kunstlicht nicht vorhanden</li> </ul>             |   |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zentrale Steuerung der motorischen Fensterstellantriebe nicht vorhanden</li> </ul> |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |
| In Gebäude 017 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |

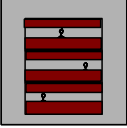
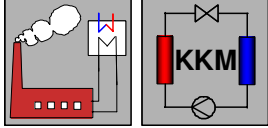
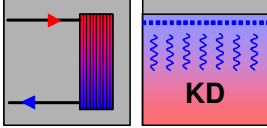
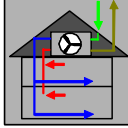
| Steckbrief Gebäude 005  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2001<br>Nutzung: Büros, Veranstaltung, Gastronomie<br>Brutto Grundfläche: 4.958 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 4.224 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 2 OG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bandfassade mit hinterlüfteten Blechpaneelen; Sonnenschutzverglasung und außenliegendem Sonnenschutz im Süden</li> <li>- Vollverglasung mit Wärmeschutzverglasung im Norden</li> </ul>  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärmeanschluss 1000 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 luftgekühlte Kompressionskältemaschinen mit 112 kW und 37 kW</li> <li>- Erdkältetauscher 5 kW zur Erhöhung der Kälteleistung der Kompressionskältemaschinen (z.Z. deaktiviert)</li> </ul>                                       |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- statische Heizflächen in den Büros, Atrium, Sanitär</li> <li>- Fußbodenheizung Atrium</li> <li>- Lüftungsanlage Sanitärbereiche, Gastronomie</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlflächen Konferenz</li> <li>- Umluftkühler Serverräume</li> <li>- Lüftungsanlage Gastronomie</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung für Büros, Atrium, Foyer</li> <li>- Lüftungsanlagen mit Rotationswärmetauscher für Besprechung, Bistro, Gastronomie</li> <li>- Lüftungsanlage mit Kreuzstromwärmetauscher für Sanitär- und Technikräume</li> </ul> |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 005</b>                           |   |   |  |  |  |
|--|---|---|--|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 161 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 49 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 42 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | k.A. h/a                                  |  |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repräsentatives Veranstaltungsgebäude mit gemischter Nutzung</li> <li>- einfaches auf die Nutzungsbereich abgestimmtes Energiekonzept</li> </ul> |   |  |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- niedriger Energieverbrauch</li> </ul>  |   |  |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |  |  |
| In Gebäude 005 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |  |  |

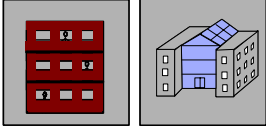
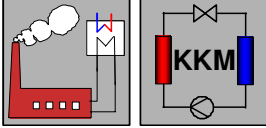
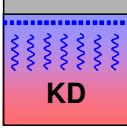
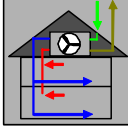
| Steckbrief Gebäude 011  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2000<br>Nutzung: Bürogebäude, überwiegend Gruppen- und Einzelbüros<br>Brutto Grundfläche: 12.818 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 11.536 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 1 UG, EG, 2 OG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Doppelfassade mit integriertem Sonnenschutz</li> <li>- Feststehende Primärfassade mit 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Motorisch öffnbare Sekundärfassade mit Einscheibenverglasung</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Firmeneigenes Fernwärmenetz</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine 540 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- In die Decke eingeputzte Kapillarrohrmatten für Büros, Flure</li> <li>- Eckräume zusätzlich mit elektrischen Unterflurkonvektoren</li> <li>- Statische Heizflächen für Treppenhäuser, Empfang</li> </ul>            |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- In die Decke eingeputzte Kapillarrohrmatten für Büros, Flure</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung für außenliegende, ans Atrium grenzende Büros</li> <li>- Vollklimaanlage mit WRG für innenliegende Büros, Flure</li> </ul>   |  |   |

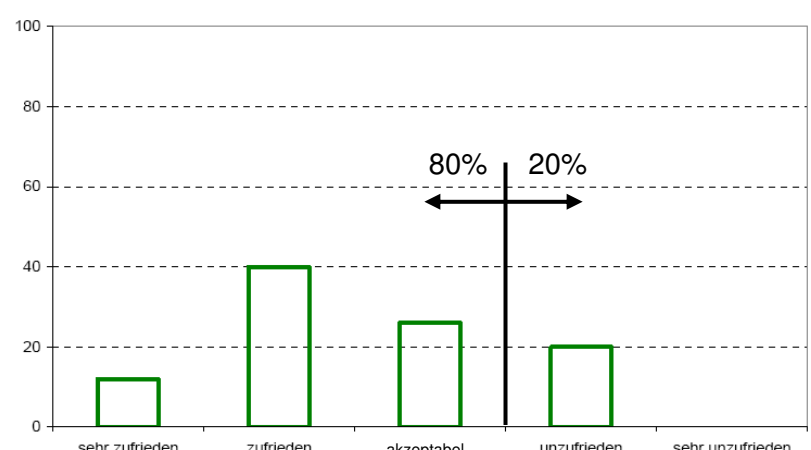


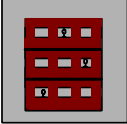
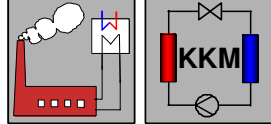
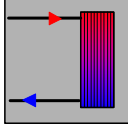
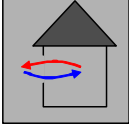
| <b>Erfahrungen Gebäude 011</b>   |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|--|--|---|--|--|-----------|------------|----------------|----|-----------|----|------------|----|-------------|----|------------------|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 421 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 97 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 118 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 192 h/a                                   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anspruchsvolle Architektur</li> <li>- sehr guter Blickkontakt zur Umgebung durch vollverglaste Doppelfassade</li> <li>- eingelagertes Atrium erhöht den Nutzwert des Gebäudes</li> </ul>  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überdimensionierte Kompressionskältemaschine</li> </ul>   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freie Kühlung durch zusätzlich installierte Kühlkreise nicht mehr möglich</li> <li>- Referenzfühler der Raumtemperaturregelung an ungeeigneten Stellen montiert</li> </ul>  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr hoher Energieverbrauch</li> <li>- mittlerer thermischer Komfort</li> <li>- Keine Umschalthysterese zwischen Heiz-/Kühlfunktion der Betonkerntemperierung vorhanden</li> <li>- Befeuchtungsfunktion der RLT-Anlagen nicht jahreszeitlich gesteuert</li> </ul> |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>19</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>6</td> </tr> </tbody> </table> |  |   |  |  | Kategorie | Anteil (%) | sehr zufrieden | 10 | zufrieden | 35 | akzeptabel | 30 | unzufrieden | 19 | sehr unzufrieden | 6 |
| Kategorie  | Anteil (%)   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| sehr zufrieden   | 10   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| zufrieden  | 35   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| akzeptabel   | 30   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| unzufrieden  | 19   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| sehr unzufrieden   | 6  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |

| Steckbrief Gebäude 009  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1999 (saniert)<br>Nutzung: Bürogebäude, überwiegend Großraumbüros<br>Brutto Grundfläche: 33.135 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 29.822 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 2 UG, EG, 17 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bandfassade mit verglasten Elementen und opaken Paneelen und innenliegendem Blendschutz</li> <li>- 2-fach Sonnenschutzverglasung an den Ost/Süd/West-Fassaden</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung an der Nord-Fassade</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärmeversorgung</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kompressionskältemaschinen 1024 kW</li> <li>- 1 Kompressionskältemaschine 347 kW</li> <li>- Freie Kühlung über Rückkühltürme im Winter und in der Übergangszeit</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühldecken</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zu/Abluft mit Rotationswärmetauscher (heizen, kühlen, be-/entfeuchten)</li> </ul>  |  |   |

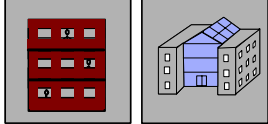
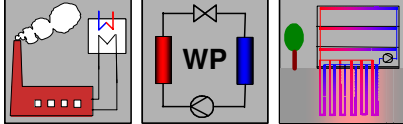
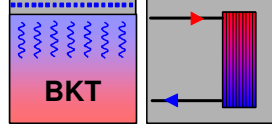
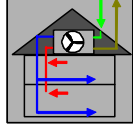
| <b>Erfahrungen Gebäude 009</b>                           |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 399 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 84 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 113 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | k.A. h/a                                  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - saniertes Bürohochhaus mit vollklimatisierten Büroräumen  |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - Keine Präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung in den WCs   |   |  |
| <b>Planung:</b>  | - Beleuchtungsstärke zu hoch dimensioniert<br>- Zu hoher mechanischer Luftwechsel   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - Keine Nutzung der freien Kühlung<br>- Die Evaluierung des Nutzerkomforts erfolgte durch ein Kurzzeit- Monitoring (KZM). Die Ergebnisse zeigen nur geringe Beeinträchtigungen des Nutzerkomforts. Auffällig war insbesondere, dass der sommerliche Komfort durch eine Kombination aus niedriger operativer Raumtemperatur und erhöhten Luftgeschwindigkeiten beeinträchtigt wurde. |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |
| In Gebäude 009 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |

| <b>Steckbrief Gebäude 015</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2001<br>Nutzung: Bürogebäude, überwiegend Einzel- und Zweierbüros<br>Brutto Grundfläche: 24.560 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 21.367 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 3 UG, EG, 4 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | - Lochfassade mit innenliegendem Sonnenschutz  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | - Fernwärmeanschluss mit 2 Übergabestationen je 1 MW   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | - 2 luftgekühlte Kaltwassersätze 630 kW<br>- Freie Kühlung über Kühlturm im Winter und in der Übergangszeit  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | - Heiz/Kühldecke geschossweise im „change-over“ geregelt<br>- Zusätzlich statische Heizflächen für Büros mit nördlicher Orientierung und im 5.OG   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | - Heiz/Kühldecke geschossweise im „change-over“ geregelt   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | - Mechanische Zuluft über Doppelboden mit Schlitzauslässen<br>- Überströmung der Abluft ins Atrium, von dort aus mechanisch über Tiefgarage, dann ohne Wärmerückgewinnung über Dach<br>- Zusätzlich Fensterlüftung der Büros mit nördlicher Orientierung möglich |  |   |

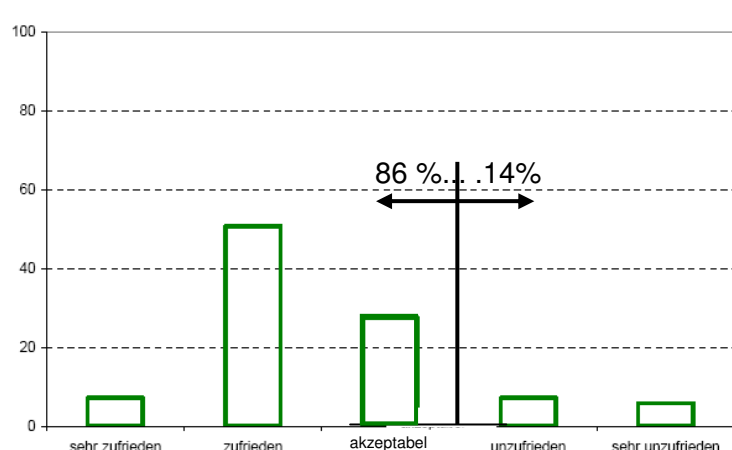
| <b>Erfahrungen Gebäude 015</b>   |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|--|--|---|--|--|-----------|------------|----------------|----|-----------|----|------------|----|-------------|----|------------------|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 454 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 111 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 125 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | k.A. h/a                                  |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Konzeption:</b>   | - Weltklasse Architektur in repräsentativer Lage   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Betrieb:</b>  | - Die Evaluierung des Nutzerkomforts erfolgte durch ein Kurzzeit-Monitoring (KZM). Es zeigte nur geringe Beeinträchtigungen des Nutzerkomforts.  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Konzeption:</b>   | - Schlechtes Tageslichtangebot für ans Atrium grenzende Büros  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Betrieb:</b>  | - verhältnismäßig hoher Energieverbrauch<br>- Die relative Raumluftfeuchte lag im Winter teilweise geringfügig unterhalb des Grenzwerts von 30 %.<br>- In der Übergangszeit und im Sommer wurden in einigen Räumen vergleichsweise niedrige operative Raumtemperaturen gemessen. |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> |  |   |  |  | Kategorie | Anteil (%) | sehr zufrieden | 10 | zufrieden | 40 | akzeptabel | 25 | unzufrieden | 20 | sehr unzufrieden | 5 |
| Kategorie  | Anteil (%)   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| sehr zufrieden   | 10   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| zufrieden  | 40   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| akzeptabel   | 25   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| unzufrieden  | 20   |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |
| sehr unzufrieden   | 5  |   |  |  |           |            |                |    |           |    |            |    |             |    |                  |   |

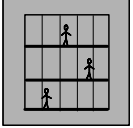
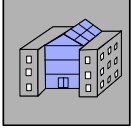
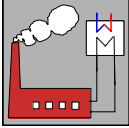
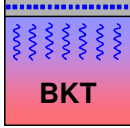
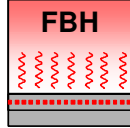
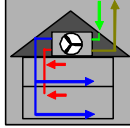
| Steckbrief Gebäude 016  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1994 (saniert)<br>Nutzung: Bürogebäude<br>Brutto Grundfläche: 3.918 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 3.236 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 3 OG, DG Technikzentrale   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lochfassade mit hinterlüfteten Aluminiumpaneelen</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung mit außenliegendem Sonnenschutz</li> <li>- Laufgitter als Wartungsgänge stockwerksweise vor der Fassade</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme mit 1 Übergabestation 1 MW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine 4,9 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen in den Büros</li> <li>- Innen liegende Flure bei Bedarf über Lüftungsanlage</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Besprechungsräume 2./3.OG, Büro der Geschäftsführung bei Bedarf über Lüftungsanlage</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung für Büros</li> <li>- Mechanische Zu/Abluftanlage (heizen) für innen liegende Bereiche mit Wärmerückgewinnung (Flure, Duschen, Umkleiden)</li> <li>- Mechanische Zu/Abluftanlage (heizen, kühlen) für Besprechungsräume 2./3.OG, Büro der Geschäftsführung</li> </ul> |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 016</b>                           |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 236 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 102 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 55 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 315 h/a                                   | ■ |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Bürogebäude wurde 1965 errichtet und 1994 saniert</li> <li>- einfaches Energiekonzept</li> </ul>  |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlerer Primärenergieverbrauch</li> <li>- geringer Jahres-Endenergieverbrauch Strom</li> </ul>  |   |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung</li> </ul>   |   |   |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sonnenschutz kann nur dezentral gesteuert werden</li> </ul>   |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Langzeit-Monitoring ergab verhältnismäßig viele Überhitzungsstunden</li> <li>- Das Kurzzeit-Monitoring zeigte Beeinträchtigungen des Nutzerkomforts. Im Winter lag die relative Raumlufffeuchte unterhalb des Grenzwerts von 30 %, die CO<sub>2</sub>-Konzentration leicht über dem Grenzwert von 1.000 ppm. Im Sommer zeigten die operative Raumtemperatur und das Zugluftrisiko erhöhte Werte.</li> </ul> |   |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |   |   |
| In Gebäude 016 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |   |   |

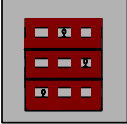
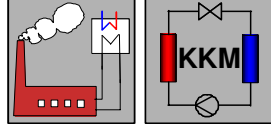
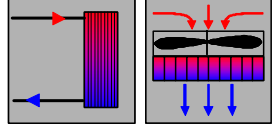
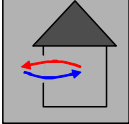
| Steckbrief Gebäude 018  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2003<br>Nutzung: Bürogebäude<br>Brutto Grundfläche: 22.551 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 20.316 m <sup>2</sup><br>Geschosse: AltBau: EG, 4 OG<br>NeuBau: EG, 7 OG (2 Flügel)  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | - AltBau: Denkmalgeschützte Lochfassade mit Innendämmung und innenliegendem Sonnenschutz Ost/West/Südseite mit 2-fach Sonnenschutzverglasung<br>- NeuBau: Ost/Westseite Lochfassade mit vorgehängten Metallelementen und innenliegendem Sonnenschutz 2-fach Sonnenschutzverglasung<br>Südseite Bandfassade mit innenliegendem Sonnenschutz und 2-fach Sonnenschutzverglasung   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | - Fernwärme<br>- Wärmepumpe (Wärmequelle: Abluft AltBau:)<br>- Wärmepumpe (Wärmequelle: Energiepfähle)<br>- Brennstoffzelle  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | - Freie Kühlung über Energiepfähle   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | - Betonkerntemperierung<br>- Statische Heizflächen<br>- Lüftungsanlage   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | - Betonkerntemperierung  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | - Winter: Neubau: Mechanische Zu/Abluftanlage mit Rotationswärmetauscher<br>Altbau: Passive Nachströmung Zuluft im Brüstungsbereich<br>Mechanische Abluftanlage mit WRG (Wärmepumpe)<br>- Übergangszeit: Neubau: Mechanische Zu/Abluftanlage mit Rotations-WT, solange WRG Gewinne höher als Strombedarf Lüftung, sonst nat Lüftung<br>Altbau: Passive Nachströmung Zuluft im Brüstungsbereich<br>Mechanische Abluftanlage mit WRG (Wärmepumpe)<br>- Sommer: Neubau: Fensterlüftung Büros, natürliche Lüftung Atrium<br>Altbau: passive Nachströmung Zuluft im Brüstungsbereich<br>mechanische Abluftanlage mit WRG (Wärmepumpe) |  |   |

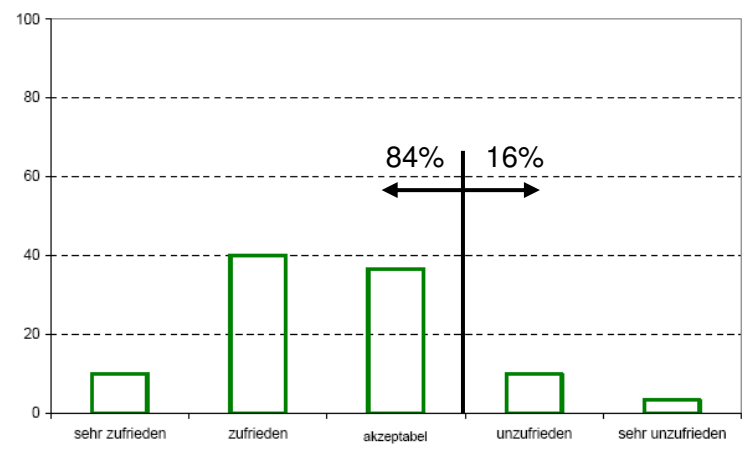


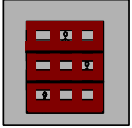
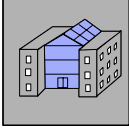
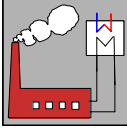
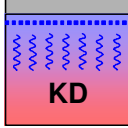
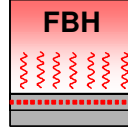
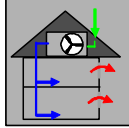
| <b>Erfahrungen Gebäude 018</b>   |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 135 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 43 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 35 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 216 h/a                                   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- innovative Architektur</li> <li>- integrales Energiekonzept mit definierten Zielwerten</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- energetisches Qualitätsmanagement während der Planung</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- energetisches Qualitätsmanagement während des Baus</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- im Rahmen eines Forschungsprojekts wurde ein aufwändiges Monitoringkonzept mit Betriebsoptimierung umgesetzt</li> <li>- die im Energiekonzept definierten Zielwerte konnten erreicht bzw. unterschritten werden</li> </ul> |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heizleistung Betonkerntemperierung durch schneller ansprechende Heizkörper sehr gering</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein außenliegender Sonnenschutz an Süd-/Ostfassade</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelung der Abluftklappen Atrium nicht ausgereift</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fehlende Programmierung GLT führte zeitweise zum Ausfall der Lüftungsanlage</li> <li>- Nicht kalibrierte, defekte MSR- und Anlagentechnik</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |   |   |  |  |
|  <p>The chart displays the distribution of user satisfaction levels. The y-axis represents the percentage of users, ranging from 0 to 100. The x-axis lists five satisfaction levels: sehr zufrieden, zufrieden, akzeptabel, unzufrieden, and sehr unzufrieden. The bars show the following approximate percentages: sehr zufrieden (8%), zufrieden (50%), akzeptabel (28%), unzufrieden (8%), and sehr unzufrieden (6%). A bracket above the 'zufrieden' and 'akzeptabel' bars indicates that 86% of users are satisfied. Another bracket above the 'unzufrieden' and 'sehr unzufrieden' bars indicates that 14% of users are dissatisfied.</p> |   |   |  |  |

| Steckbrief Gebäude 002  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|   |   |   |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1999<br>Nutzung: Bürogebäude, offene Kombibüros, geschlossene Einzelbüros<br>Brutto Grundfläche: 56.844 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 49.455 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 3 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Fassade mit außenliegendem Sonnenschutz</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung im Bereich Bürogebäude</li> <li>- 1-fach Sonnenschutzverglasung im Bereich des Atriums</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahwärme aus Energiezentrale</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahkälte aus Energiezentrale</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung (Grundlast)</li> <li>- Fußbodenheizung in den fensternahen Bereichen</li> <li>- Fußbodenheizung der Verkehrsflächen im Atrium im Winter (frostfrei-Betrieb:)</li> <li>- Konvektoren in den Innenhöfen vor den vertikalen Glasfassaden (frostfrei-Betrieb:)</li> </ul> |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonkerntemperierung (Grundlast)</li> <li>- Kühldecken im Vorstandsbereich</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zu/Abluftanlage mit WRG für gesamtes Bürogebäude</li> <li>- Zusätzliche Fensterlüftung der ans Atrium grenzenden Büros möglich</li> <li>- Natürliche Belüftung des Atriums über Lamellenbänder in der Fassade und RWA-Klappen im Dach</li> </ul>                                |  |   |

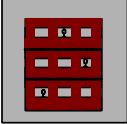
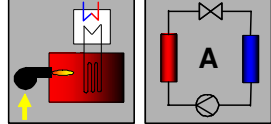
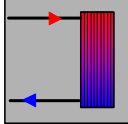
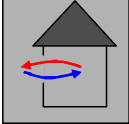
| <b>Erfahrungen Gebäude 002</b>                           |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 368 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 87 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 75 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 118 h/a                                   |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bürogebäude mit beeindruckender Glasarchitektur</li> <li>- eingelagerte Atrien erhöhen den Nutzwert des Gebäudes</li> <li>- sehr guter Blickkontakt zur Umgebung durch Vollverglasung</li> <li>- Energiekonzept mit dem Ziel möglichst wenig Fremdenergie zu nutzen</li> </ul> |   |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Beleuchtungsanlagen sind mit energieeffizienten Leuchtstofflampen und elektronischen Vorschaltgeräten ausgestattet und autark regelnd</li> </ul>   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr guter thermischer Komfort</li> </ul>  |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung in den WCs</li> <li>- vergleichsweise hohe spezifische Ventilatorleistung von 1.911 W/(m<sup>3</sup>/s)</li> </ul>  |   |  |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Außentemperatursensor im Fortluftstrom positioniert</li> </ul>   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- hoher Primärenergieverbrauch</li> </ul>  |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |
| In Gebäude 002 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |

| Steckbrief Gebäude 006  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Bürogebäude, variable Trennwände lassen jedes Bürokonzept zu<br>Brutto Grundfläche: 20.739 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 18.074 m <sup>2</sup><br>Geschosse: EG, 3 OG |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lochfassade mit Vorhangelementen aus unterschiedlichen Materialien</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzfassade mit außenliegendem Sonnenschutz</li> </ul>                   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärmeschluss 1000 kW</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 zentrale Kompressionskältemaschinen 40 kW</li> <li>- Dezentrale Kompressionskältemaschinen für Server-, Besprechungs- und Technikräume</li> </ul>                  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen</li> <li>- Luftherhitzer für die Kernbereiche</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fan-Coils für Server-, Besprechungs- und Technikräume</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung der Büroräume</li> <li>- Mechanische Abluftanlage für Kernbereiche (WCs)</li> <li>- Mechanische Zu/Abluft für Kombibereiche</li> </ul>                |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 006</b>  |  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
|---|--|---|--|--|-----------|---------|----------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------------|----|-------------------------|------------|---------------------------|------------|
| <b>Kurzbewertung:</b>   | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 145 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 49 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 37 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
|   | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 157 h/a                                   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Konzeption:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebäudeensemble mit Campuscharakter</li> <li>- schlankes Technik- und Energiekonzept</li> </ul> |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Betrieb:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- geringer Primärenergieverbrauch</li> <li>- mittlerer thermischer Komfort</li> </ul>             |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Nutzerbefragung</b>  |  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>36%</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>4%</td> </tr> <tr> <td><b>Gesamt Zufrieden</b></td> <td><b>84%</b></td> </tr> <tr> <td><b>Gesamt Unzufrieden</b></td> <td><b>16%</b></td> </tr> </tbody> </table> |  |   |  |  | Kategorie | Prozent | sehr zufrieden | 10% | zufrieden | 40% | akzeptabel | 36% | unzufrieden | 10% | sehr unzufrieden | 4% | <b>Gesamt Zufrieden</b> | <b>84%</b> | <b>Gesamt Unzufrieden</b> | <b>16%</b> |
| Kategorie   | Prozent  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| sehr zufrieden  | 10%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| zufrieden   | 40%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| akzeptabel  | 36%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| unzufrieden   | 10%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| sehr unzufrieden  | 4%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Gesamt Zufrieden</b>   | <b>84%</b>   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |
| <b>Gesamt Unzufrieden</b>   | <b>16%</b>   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                         |            |                           |            |

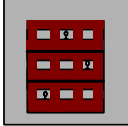
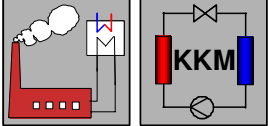
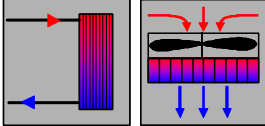
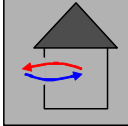
| Steckbrief Gebäude 004  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|   |    |   |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2001<br>Nutzung: Bürogebäude, offene, transparente Büroräume<br>Brutto Grundfläche: 28.053 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 25.248 m <sup>2</sup><br>Geschosse: EG, 3 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gebäude ist vollständig von Glaskubus mit Sonnenschutzverglasung umschlossen</li> <li>- Primärfassade als Lochfassade ausgeführt mit 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- West/Südseite mit außenliegendem Sonnenschutz</li> </ul>  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahwärme aus Energiezentrale, 2 Übergabestationen 700 kW</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahkälte aus Energiezentrale, 1 Übergabestation 1000 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heiz/Kühldecken in den Büros</li> <li>- Fussbodenheizung und statische Heizung im Foyer, Gastronomie</li> <li>- Konditionierte Zuluft</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heiz/Kühldecken in den Büros</li> <li>- Konditionierte Zuluft</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zuluft für Büroräume, Gastronomie, Konferenzbereiche</li> <li>- Abluft strömt passiv die Atrien, durch Überdruck und Konvektion nach draußen</li> <li>- Mechanische Zu/Abluft für die Besprechungsräume</li> <li>- Mechanische Abluft Sanitärbereiche</li> </ul> |  |   |

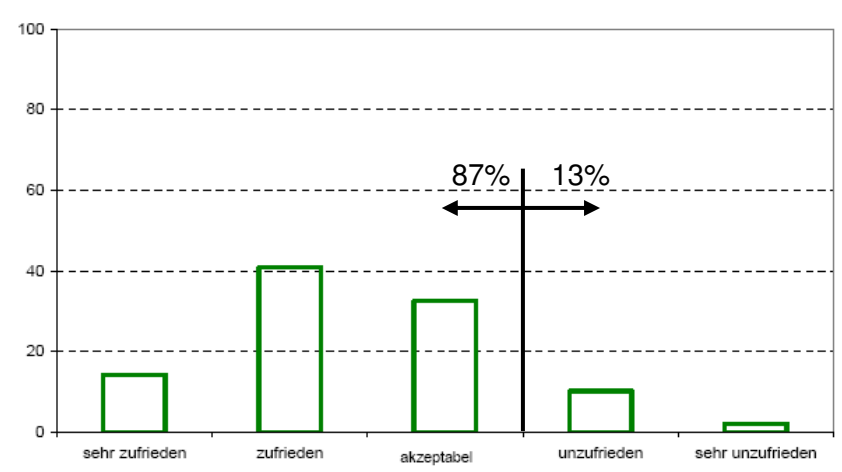
| <b>Erfahrungen Gebäude 004</b>                           |  |   |  |
|--|--|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 304 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | <span style="background-color: yellow;"> </span> |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 127 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | <span style="background-color: red;"> </span>    |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 64 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | <span style="background-color: yellow;"> </span> |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 46 h/a                                    | <span style="background-color: green;"> </span>  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- repräsentatives Bürogebäude mit anspruchsvoller Architektur</li> <li>- eingelagerte Atrien steigern den Nutzwert</li> </ul>   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- sehr guter thermischer Komfort</li> <li>- mittlerer Primärenergieverbrauch</li> </ul>   |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Wärmerückgewinnung für die Lüftungsanlage</li> <li>- Keine Präsenzabhängige Steuerung Beleuchtung der WCs</li> </ul>    |   |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu geringe Dämmstärke der Bodenplatte</li> <li>- Beleuchtungsstärke zu hoch dimensioniert</li> </ul>                          |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zu lange Laufzeiten der Lüftungsanlage</li> <li>- Fensterlüftung der ans Atrium grenzende Büros wird nicht genutzt</li> </ul> |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |   |  |
| In Gebäude 004 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |   |  |

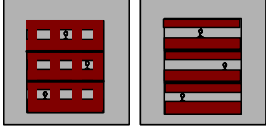
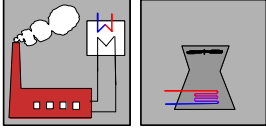
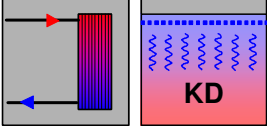
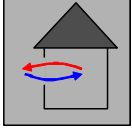
| <b>Steckbrief Gebäude 010</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1996<br>Nutzung: Bürogebäude, Mehrpersonenbüros mit Fensterband zum Flur<br>Brutto Grundfläche: 39.167 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 34.776 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 3 bzw. 4 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lochfassade mit hohem Fensterflächenanteil Regelgeschosse Nord/Südseite mit Wartungsstegen</li> <li>- 2-fach Verglasung mit außenliegendem Sonnenschutz auf Südseite</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Gaskessel</li> <li>- Wärmerückgewinnung aus Lüftungsanlage</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine, Betrieb: Winter ganztags, Sommer nachts</li> <li>- Absorptionskältemaschine, Betrieb: Sommer tagsüber</li> <li>- Notkühlung über Brunnenanlage</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Überwiegend statische Heizflächen</li> <li>- Lüftungsanlage für einzelne Bürobereiche, Innenzonen, Räume mit Sonderfunktionen (EDV, Küche)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lüftungsanlage für einzelne Bürobereiche, Innenzonen, Räume mit Sonderfunktionen (EDV, Küche)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung für alle Standardbüros</li> <li>- Mechanische Zu/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung für Innenbereiche, Flure</li> <li>- Teilweise Vollklimaanlage für Räume mit Sonderfunktionen (Foyers, Veranstaltungsräume)</li> </ul> |  |   |



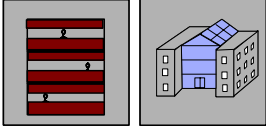
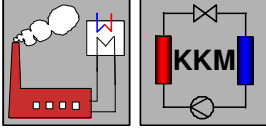
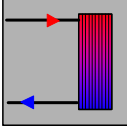
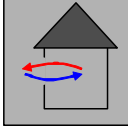
| <b>Erfahrungen Gebäude 010</b>                           |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 359 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 100 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 83 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | k.A. h/a                                  |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - modernes Bürogebäude mit teilweise Sondernutzung (Foyer, Veranstaltungsräume) |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - hoher Primärenergieverbrauch  |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |  |
| In Gebäude 010 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |  |

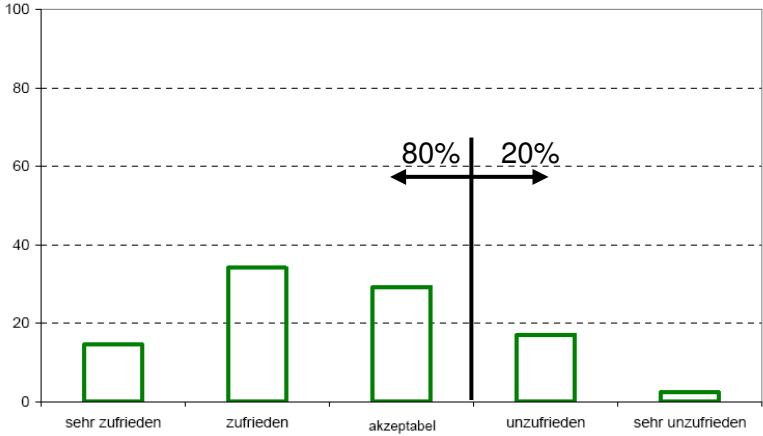
| <b>Steckbrief Gebäude 014</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1995<br>Nutzung: Bürogebäude, Einzel-/ Gruppenbüros<br>Brutto Grundfläche: 17.285 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 15.753 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 2 UG, EG, 6 OG                                |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lochfassade bestehend aus Glas- und Dämmpanellen, Teilbereich aus hinterlüftetem Naturstein</li> <li>- 2-fach Sonnenschutzverglasung mit außenliegendem Sonnenschutz</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Kompressionskältemaschine (flüssigkeitsgekühlt)</li> <li>- 1 Kompressionskältemaschine (luftgekühlt)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen</li> <li>- Lüftungsanlage für 6. OG</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umluftgeräte in abgehängter Decke für Büros auf der Südseite</li> <li>- Lüftungsanlage für 6. OG</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung für Büroräume</li> <li>- Mechanische Zu/Abluft für 6.OG</li> </ul>   |  |   |

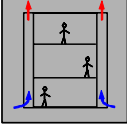
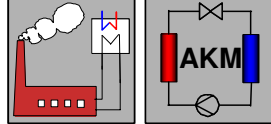
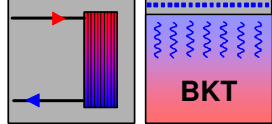
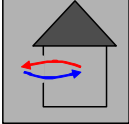
| <b>Erfahrungen Gebäude 014</b>   |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
|--|---|---|--|--|-----------|---------|----------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------------|----|-----------------------------|------------|-------------------------------|------------|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 180 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 60 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 46 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 6 <sup>1</sup> /330 h/a                   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <sup>1</sup> Bereiche mit aktiver Kühlung  |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Konzeption:</b>   | - Bürogebäude mit schlankem Technikkonzept  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Betrieb:</b>  | - hohe Anzahl an jährlichen Überhitzungsstunden   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Konzeption:</b>   | - Speicherkapazität der thermisch aktive Massen sehr gering<br>- Keine Präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Planung:</b>  | - Zu geringe Hinterlüftung des Sonnenschutzes<br>- Beleuchtungsstärke zu hoch dimensioniert                       |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Betrieb:</b>  | - niedriger Primärenergieverbrauch  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragung - Ergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>32%</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>10%</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td><b>Gesamt Zufriedenheit</b></td> <td><b>87%</b></td> </tr> <tr> <td><b>Gesamt Unzufriedenheit</b></td> <td><b>13%</b></td> </tr> </tbody> </table> |   |   |  |  | Kategorie | Prozent | sehr zufrieden | 15% | zufrieden | 40% | akzeptabel | 32% | unzufrieden | 10% | sehr unzufrieden | 3% | <b>Gesamt Zufriedenheit</b> | <b>87%</b> | <b>Gesamt Unzufriedenheit</b> | <b>13%</b> |
| Kategorie  | Prozent   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| sehr zufrieden   | 15%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| zufrieden  | 40%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| akzeptabel   | 32%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| unzufrieden  | 10%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| sehr unzufrieden   | 3%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Gesamt Zufriedenheit</b>  | <b>87%</b>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |
| <b>Gesamt Unzufriedenheit</b>  | <b>13%</b>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                             |            |                               |            |

| Steckbrief Gebäude 003  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 1999<br>Nutzung: Institutgebäude, Zellen-/ Gruppenbüros, Labore<br>Brutto Grundfläche: 16.374 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 14.238 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, mittlerer und südlicher 2-/ nördlicher Flügel 3-geschossig  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nördliche Fassade Lochfassade mit hinterlüftetem Klinkervormauerwerk</li> <li>- Südlich orientierte Fassaden als Bandfassade</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung mit außenliegendem Sonnenschutz Südfassaden</li> <li>- 60% Verglasungsanteil Südfassaden, 16 % Verglasungsanteil Nordfassaden</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahwärme</li> <li>- Wärmerückgewinnung aus Abluft einiger großer Labore über Kreislaufverbundsystem</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahkälte</li> <li>- Freie Kühlung über trockenes Rückkühlwerk</li> <li>- Wärmerückgewinnung aus Abluft einiger großer Labore über Kreislaufverbundsystem</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen in den Büroräumen</li> <li>- Temperierte Zuluft in den Laboren</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperierte Zuluft in den Laboren</li> <li>- Dezentrale Kühlgeräte in den Eckbüros</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung in den Büroräumen</li> <li>- Mechanische Zu/Abluft in den Laboren teilweise mit Wärmerückgewinnung (sicherheitsbedingter 8-facher Luftwechsel)</li> </ul>  |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 003</b>                           |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:                                   | 942 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:                                       | 217 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:                                       | 240 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):                                    | 48 h/a                                    |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - Institutsgebäude mit Büro- und Labornutzung                           |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - Nutzungsbedingt hoher Primärenergieverbrauch                          |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |   |   |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - Externe Lasten in den Eckbüros zu hoch                                |   |  |
| <b>Planung:</b>  | - Kältenetz falsch dimensioniert<br>- Blendschutz nicht geplant         |   |  |
| <b>Bau:</b>  | - Veränderte Arbeitsplatzsituation führt zur Hitzestau über Heizkörpern |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - Vorhandene Regelung der Beleuchtung kommt nicht zum Einsatz           |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |   |   |  |
| In Gebäude 003 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |   |   |  |

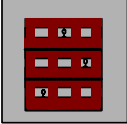
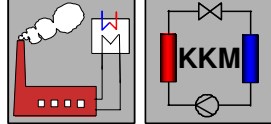
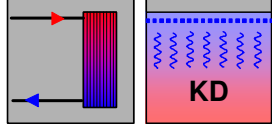
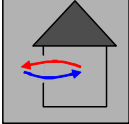
| <b>Steckbrief Gebäude 019</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2001<br>Nutzung: Institutgebäude, Gruppenbüros, Labore<br>Brutto Grundfläche: 9.765 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 8.750 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 4 OG, DG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bandfassade mit opaken Brüstungs-/ Sturzpanellen</li> <li>- West-/ Ostfassade, Atriumdach 2-fach Sonnenschutzverglasung</li> <li>- Nordfassade 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Südseite Gebäudekonzeptss schließt an Bestandsgebäude an</li> <li>- Außenliegender Sonnenschutz (Markise)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme</li> <li>- Konditionierung der Zuluft über Erdkanal</li> <li>- Abwärme Kälteanlage (EDV) im Winter für Beheizung des Atriums genutzt</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kälteanlagen (insgesamt 170 kW) für EDV-Räume</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen für außenliegende Büro-/ Laborräume</li> <li>- Temperierung der ans Atrium grenzenden Räume über freie Lüftung aus dem Atrium</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kälteanlagen für EDV-Räume</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung der außenliegenden Räume (Außenluft)</li> <li>- Fensterlüftung der ans Atrium grenzenden Räume (Luft aus Atrium)</li> <li>- Natürliche Konvektion im Atrium<br/>(Kaminwirkung passive Zuluftnachströmung im Sommer, aktive im Winter)</li> <li>- Winter: mit Übertemperatur und geringer Geschwindigkeit eingebrachte Zuluft steigt im Atrium auf, Stoßlüftung über vollständiges Öffnen der Dachklappen möglich</li> <li>- Sommer tags: Passive Nachströmung Zuluft durch natürliche Konvektion</li> <li>- Sommer nachts: Reaktivierung der Speichermassen (Betondecke) in Abhängigkeit der Außentemperatur über Querlüftung der Räume Richtung Atrium</li> </ul> |  |   |

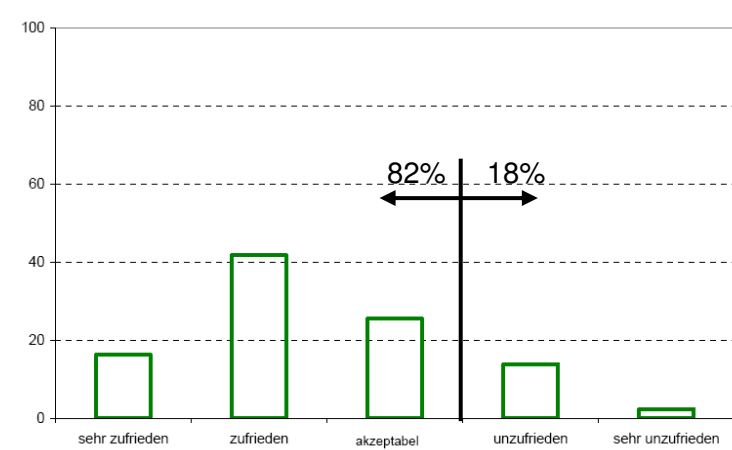
| <b>Erfahrungen Gebäude 019</b>  |   |   |
|---|---|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>   | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt: 214 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )   | ■ |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme: 36 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  | ■ |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Strom: 63 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  | ■ |
|   | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C): 193 h/a  | ■ |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |   |   |
| <b>Konzeption:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Institutsgebäude mit vorwiegender Büronutzung</li> <li>- eingelagertes Atrium erhöht den Nutzwert</li> <li>- Niedrig-Energiekonzept</li> <li>- schlankes Technikkonzept</li> </ul> |   |
| <b>Betrieb:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betriebsoptimierung hinsichtlich Energieverbrauch und Komfort</li> <li>- mittlerer Primärenergieverbrauch</li> <li>- mittlerer Energieverbrauch</li> </ul>                         |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |   |   |
| <b>Betrieb:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Die elektrochrome Verglasung, die als Prototyp im Rahmen des Demonstrationsvorhabens getestet worden war, wurde wegen Fehlfunktionen ausgebaut.</li> </ul>                         |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>  |   |   |
|  <p>The bar chart displays the distribution of user satisfaction levels. The x-axis categories are 'sehr zufrieden', 'zufrieden', 'akzeptabel', 'unzufrieden', and 'sehr unzufrieden'. The y-axis represents the percentage of users, ranging from 0 to 100. A vertical line is drawn at the 'akzeptabel' level, with a horizontal double-headed arrow indicating that 80% of users are satisfied (from 'sehr zufrieden' to 'akzeptabel') and 20% are dissatisfied (from 'akzeptabel' to 'sehr unzufrieden').</p> |   |   |

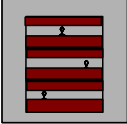
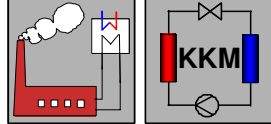
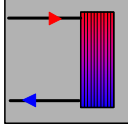
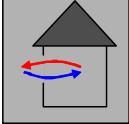
| Steckbrief Gebäude 012  |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Bürogebäude, Zellenbüros für Einzel-/ Gruppennutzung<br>Brutto Grundfläche: 81.000 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 73.524 m <sup>2</sup><br>Geschosse: 2 UG, 17 OG Hochhaus / 9 OG BlockBau:  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Fassade Nord/Westfassade als Doppelfassade ausgeführt</li> <li>- Primärfassade 2-fach Wärmeschutzverglasung mit außenliegendem Sonnenschutz</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme mit 2 Übergabestationen je 2500 kW und 2 je 500 kW</li> <li>- Wärmepumpe (Wärmequelle Energiepfähle im Gründungsbereich)</li> <li>- Solarthermie zur Unterstützung der Warmwasserbereitung</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 mit Fernwärme betriebene Absorptionskältemaschinen je 540 kW</li> <li>- Kompressionskältemaschine mit 278 kW</li> <li>- Freie Kühlung über Energiepfähle im Gründungsbereich</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen in den Büros der Blockrandbebauung</li> <li>- Unterflurkonvektoren in den Büros des Hochhauses</li> <li>- 1/3 Heizleistung über konditionierte Zuluft im Hochhaus</li> <li>- Fussbodenheizung im Foyer, Cafeteria, Speiseraum und Forum</li> <li>- Betonkerntemperierung in den Büros der Blockrandbebauung</li> </ul>           |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konditionierte Zuluft für Forum, Gastronomie, Foyer, Konferenzbereiche und Vorstandsbereich Hochhaus</li> <li>- Kapillarrohrmatten in den Decken im Bereich Vorstand</li> <li>- Über Unterflurkonvektoren im Bereich Vorstand</li> <li>- Betonkerntemperierung in den Büros der Blockrandbebauung</li> <li>- Umluftkühlgeräte für EDV-Räume</li> </ul> |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fensterlüftung in der Blockrandbebauung</li> <li>- Mechanische Zu/Abluft der Kernbereiche und des Hochhauses</li> </ul>  |  |   |



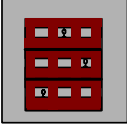
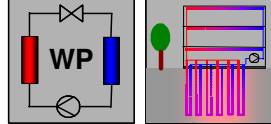
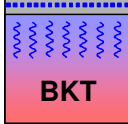
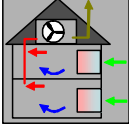
| <b>Erfahrungen Gebäude 012</b>                           |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 392 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 90 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 101 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 143 h/a                                   | ■ |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bankgebäude mit anspruchsvoller Architektur</li> <li>- transparente Architektur mit sehr gutem Blickkontakt zur Umgebung</li> <li>- schlankes Technikkonzept</li> </ul> |   |   |
| <b>Planung:</b>  |  |   |   |
| <b>Bau:</b>  |  |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- mittlere Überhitzungsstunden</li> </ul>   |   |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Präsenzabhängige Steuerung der Belichtung</li> </ul>  |   |   |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beleuchtungsstärke in der Tiefgarage zu hoch dimensioniert</li> </ul>   |   |   |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-</li> </ul>  |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Laufzeiten der Lüftungsanlagen nicht auf Gebäudenutzung angepasst</li> <li>- hoher Primärenergieverbrauch</li> </ul>  |   |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |   |   |
| In Gebäude 012 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |   |   |

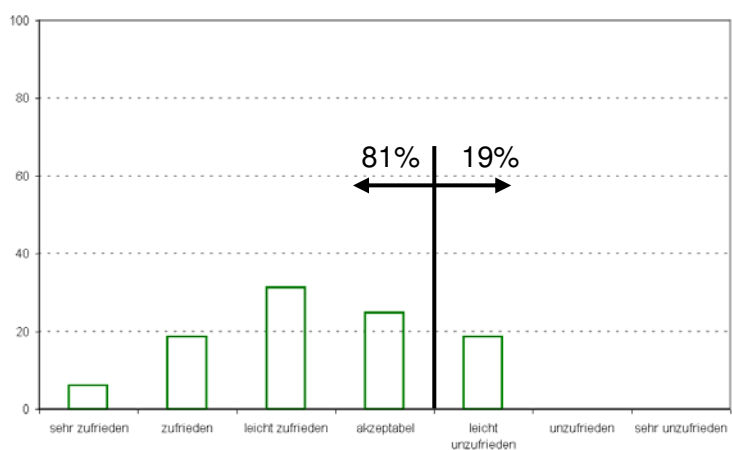
| Steckbrief Gebäude 013  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Einzelhandel / Bürogebäude, Zellenbüros Einzel-/ Gruppennutzung<br>Brutto Grundfläche: 41.650 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 39.705 m <sup>2</sup><br>Geschosse: UG, EG, 4 OG, DG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste zurückgesetzte Fassade im EG</li> <li>- Lochfassade in den OG opake Flächen mit hinterlüftetem Naturstein ausgeführt</li> <li>- DG teilweise verglast mit Hohlkörperlamellen als Sonnenschutz, opake Fläche als hinterlüftete Blechverkleidung</li> <li>- Ost-/Süd-/Westfassade mit 2-fach Sonnenschutzverglasung und bedruckten Glaslamellen als Sonnenschutz (motorisch Betrieb:en)</li> <li>- Innenhöfe mit feststehenden Hohlkörperlamellen als Sonnenschutz</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme mit 2 Übergabestationen je 800 kW</li> <li>- Blockheizkraftwerk (230 kW thermisch, 235 kW elektrisch)</li> <li>- Funktion als Notstromaggregat</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine 470 kW</li> <li>- Freie Kühlung über 2 Rückkühlwerke je 320 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterflurkonvektoren</li> <li>- Dezentrale Unterflur Lüftungsgeräte an der Westfassade</li> <li>- Konditionierte Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Sonderbereiche</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Umluftkühlgeräte für die Ladenflächen im EG</li> <li>- Konditionierte Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Sonderbereiche</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Kantine im 6.OG</li> <li>- Fensterlüftung in den Büros</li> </ul>  |  |   |

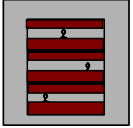
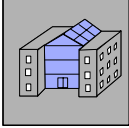
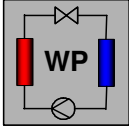
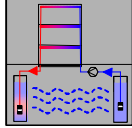
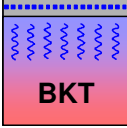
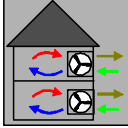
| <b>Erfahrungen Gebäude 013</b>   |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
|--|---|---|--|--|-----------|---------|----------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-------------|-----|------------------|----|------------------------|--|---|------------|--|------------|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 207 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 52 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 57 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 337 h/a                                   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bürogebäude mit teilweiser Ladennutzung</li> <li>- konventionelles Energiekonzept</li> </ul>                         |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- niedriger Primärenergieverbrauch</li> </ul>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine Präsenzabhängige Steuerung der Beleuchtung</li> </ul>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unter 500 h/a Vollbetriebstunden des Blockheizkraftwerks</li> <li>- Kein zentral gesteuerter Sonnenschutz</li> </ul> |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe Anzahl an Überhitzungsstunden</li> <li>- Freie Kühlung über die Rückkühlwerke wird nicht genutzt</li> </ul>     |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Prozent</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>42%</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td><b>Zusammenfassung</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>Satisfied (sehr zufrieden + zufrieden)</b></td> <td><b>82%</b></td> </tr> <tr> <td><b>Dissatisfied (unzufrieden + sehr unzufrieden)</b></td> <td><b>18%</b></td> </tr> </tbody> </table> |   |   |  |  | Kategorie | Prozent | sehr zufrieden | 15% | zufrieden | 42% | akzeptabel | 25% | unzufrieden | 15% | sehr unzufrieden | 3% | <b>Zusammenfassung</b> |  | <b>Satisfied (sehr zufrieden + zufrieden)</b> | <b>82%</b> | <b>Dissatisfied (unzufrieden + sehr unzufrieden)</b> | <b>18%</b> |
| Kategorie  | Prozent   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| sehr zufrieden   | 15%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| zufrieden  | 42%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| akzeptabel   | 25%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| unzufrieden  | 15%   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| sehr unzufrieden   | 3%  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Zusammenfassung</b>   |   |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Satisfied (sehr zufrieden + zufrieden)</b>  | <b>82%</b>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |
| <b>Dissatisfied (unzufrieden + sehr unzufrieden)</b>   | <b>18%</b>  |   |  |  |           |         |                |     |           |     |            |     |             |     |                  |    |                        |  |   |            |  |            |

| <b>Steckbrief Gebäude 007</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2000<br>Nutzung: Bürogebäude, variables Bürokonzept<br>Brutto Grundfläche: 16.096 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 14.954 m <sup>2</sup><br>Geschosse: EG, 3 OG                           |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aluverkleidete hinterlüftete Bandfassade</li> <li>- 2-fach Verglasung, auf Südseite als Schallschutzverglasung ausgeführt mit außenliegendem Sonnenschutz</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme mit Übergabestation 556 kW</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine 90 kW</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Heizflächen in den Büros</li> <li>- Konditionierte Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Konferenz- und Mehrzweckhalle</li> </ul>                           |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konditionierte Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Konferenz- und Mehrzweckhalle</li> <li>- Umluftkühlgeräte EDV-Räume</li> </ul>                                   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konditionierte Zu/Abluft mit Wärmerückgewinnung für Konferenz- und Mehrzweckhalle</li> <li>- Fensterlüftung für Büros</li> </ul>                                     |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 007</b>                           |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:                            | 289 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:                                | 49 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:                                | 85 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  | ■ |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):                             | k.A. h/a                                  | ■ |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Konzeption:</b>                                       | - konventionelles Bürogebäude mit konventionellen Technikkonzept |   |   |
| <b>Betrieb:</b>  | - mittlerer Primärenergieverbrauch                               |   |   |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |   |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |   |   |
| In Gebäude 007 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |   |   |

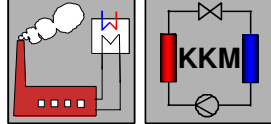
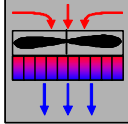
| <b>Steckbrief Gebäude 203</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Bürogebäude, überwiegend Großraumbüros<br>Brutto Grundfläche: 7.080 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 5.913 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: UG, EG, 4 OG, DG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | - Lochfassade aus Beton-Sandwechenelementen   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | - Monovalente Wärmepumpe (Wärmequelle: Abluft Büros oder Erdsonden)   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | - Kompressionskältemaschine (Rückkühlung Erdsonden)<br>- Freie Kühlung über Erdsonden   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | - Beheizung über Betonkerntemperierung  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | - Kühlung über Betonkerntemperierung  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | - 200 passive dezentrale Lüftungsgeräte<br>- 2-Leiterwärmetauscher im Change-Over-Betrieb: für Heizung und Kühlung<br>- Variabler Volumenstrom über zentral aktive Abluft gesteuert<br>- Beeinflussung der Raumtemperatur über ein Thermostatventil pro Gerät |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 203</b>  |   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
|---|---|--|--|-----------|------------|----------------|----|-----------|-----|------------------|-----|------------|-----|--------------------|-----|-------------|----|------------------|----|
| <b>Kurzbewertung:</b>   | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 170 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )            |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 0 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 63 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )             |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
|   | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 1 h/a  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <sup>1</sup> Wärmebedarf über elektrische Wärmepumpe gedeckt  |   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Konzeption:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Durch die Ausrichtung des Gebäudes nur geringer Südfassadenanteil (geringe Überhitzung)</li> <li>- Südfassade ohne Fensterflächen (geringe Überhitzung)</li> <li>- angemessener Fensterflächenanteil (geringe Transmissionswärmeverluste)</li> </ul> |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Betrieb:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr geringer Primärenergieverbrauch</li> <li>- Nahezu keine Überhitzungsstunden</li> <li>- Betriebszeiten Lüftung auf Belegung des Gebäudes abgestimmt</li> </ul>   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Planung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Heizkörperthermostatventil für die Regelung von Heiz- und Kühlfall der dezentralen Lüftungsgeräte</li> </ul>   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Bau:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte nicht luftdicht in die Fassade integriert</li> </ul>   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Betrieb:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Wartungskonzept für die Lüftungsgeräte vorhanden</li> <li>- Keine Einflussnahme der Nutzer auf die dezentralen Lüftungsgeräte</li> </ul>  |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| <b>Nutzerbefragung</b>  |   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Anteil (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>~5</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>~18</td> </tr> <tr> <td>leicht zufrieden</td> <td>~30</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>~25</td> </tr> <tr> <td>leicht unzufrieden</td> <td>~19</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>~0</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>~0</td> </tr> </tbody> </table> |   |  |  | Kategorie | Anteil (%) | sehr zufrieden | ~5 | zufrieden | ~18 | leicht zufrieden | ~30 | akzeptabel | ~25 | leicht unzufrieden | ~19 | unzufrieden | ~0 | sehr unzufrieden | ~0 |
| Kategorie   | Anteil (%)  |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| sehr zufrieden  | ~5  |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| zufrieden   | ~18   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| leicht zufrieden  | ~30   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| akzeptabel  | ~25   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| leicht unzufrieden  | ~19   |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| unzufrieden   | ~0  |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |
| sehr unzufrieden  | ~0  |  |  |           |            |                |    |           |     |                  |     |            |     |                    |     |             |    |                  |    |

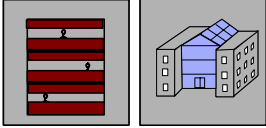
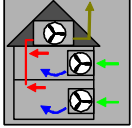
| Steckbrief Gebäude 205  |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|   |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2006<br>Nutzung: Bürogebäude, flexible Raumnutzung<br>Brutto Grundfläche: 42.167 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 23.264 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: 4 UG, EG, 6 OG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elementfassade mit Kastenfenster</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Im Kastenfenster liegende Jalousie</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zwei umschaltbare Wärmepumpen (Wärmequelle: Brunnenwasser)</li> <li>- Fernwärme</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freie Kühlung über Brunnen</li> <li>- Zwei umschaltbare Wärmepumpen (Wärmequelle: Brunnenwasser)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mechanische Zu/Abluft über 815 dezentrale Brüstungslüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, 4 Leiterwärmetauscher für Heizung/Kühlung</li> <li>- 3-stufiger Außenluft-Betrieb; 3-stufiger Umluft-Betrieb:</li> <li>- Bedienung der dezentralen Lüftungsgeräte über ein Bediengerät pro Zone</li> <li>- Mechanische zentrale Zu/Abluft für Kernbereiche</li> </ul> |  |   |

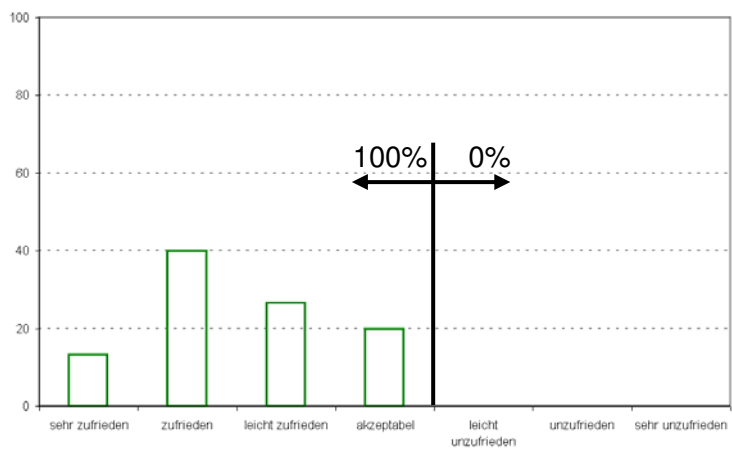



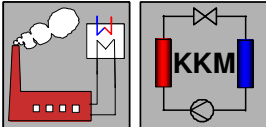
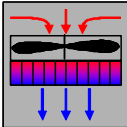
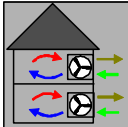
| <b>Erfahrungen Gebäude 205</b>   |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 99 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 39 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 21 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 114 <sup>2</sup> h/a                                  |  |  |
| <sup>1</sup> Gebäude nicht vermietet; <sup>2</sup> Gebäudetechnik teilweise außer Betrieb: |   |   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- innovative Architektur mit Atrien zur Nutzwertsteigerung</li> <li>- innovatives Energiekonzept</li> <li>- Brunnenwassernutzung für freie Kühlung / Heizung über Wärmepumpe</li> <li>- Hohe Tageslichtnutzung durch geringe Gebäudetiefe möglich</li> </ul> |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuelle Bedienbarkeit der dezentralen Lüftungsgeräte in jeder Zone möglich</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |  |
| <b>Planung:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Luftkurzschluss zwischen Außenluftansaugung und Fortluftausblasung möglich (dezentrale Lüftung)</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Bau:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Anschluss an Wärmetauscher der dezentralen Lüftungsgeräte zu kurz ausgeführt</li> <li>- Elektroanschlüsse dezentrale Lüftung direkt auf der Platine</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hohe Schallemissionen der dezentralen Lüftungsgeräte</li> </ul>  |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |   |   |  |  |
| In Gebäude 205 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt.                                   |   |   |  |  |

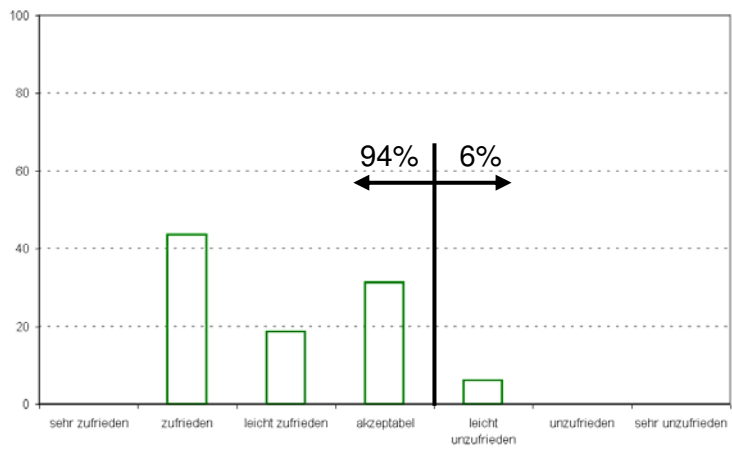
| <b>Steckbrief Gebäude 206</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2004 (saniert)<br>Nutzung: Museum<br>Brutto Grundfläche: 9.027 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 8.100 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: EG, OG, DG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Historische Lochfassade</li> <li>- Historische Fenster 1-fach Verglasung</li> <li>- Innenliegender Blendschutz</li> </ul>   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizung über dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlung über dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 166 aktive Brüstungs-Zuluftgeräte, 3-stufiger AußenluftBetrieb:</li> <li>- Integriertes Umluftgerät zum Heizen, Kühlen, Be-/ Entfeuchten</li> <li>- 4-Leitersystem für Heizung, Kühlung</li> <li>- Raumlufttemperatur und -feuchtigkeit wird zentral gesteuert</li> <li>- Zentrale aktive Abluft</li> </ul> |  |   |

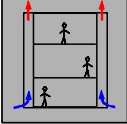
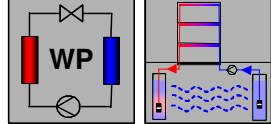
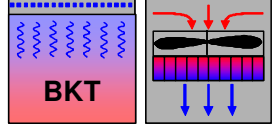
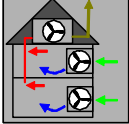
| <b>Erfahrungen Gebäude 206</b>                           |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | k.A. kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | k.A. kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | k.A. kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | k.A. h/a                                   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |  |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- saniertes historisches Gebäude mit Museumsnutzung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte ermöglichen das Lüftungskonzept des denkmalgeschützten Gebäudes</li> </ul>                                 |  |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sehr konstante Raumtemperatur/Luftfeuchtigkeit</li> </ul>   |  |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |  |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verändertes Raumkonzept behindert den Luftwechsel</li> <li>- Häufige Defekte an den dezentralen Lüftungsgeräten</li> <li>- Aufwändige Wartung/Reparatur der dezentralen Lüftungsgeräte</li> </ul> |  |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |  |  |  |
| In Gebäude 206 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |  |  |  |

| <b>Steckbrief Gebäude 202</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2006<br>Nutzung: Bürogebäude, flexible Raumnutzung<br>Brutto Grundfläche: 6.114 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 4.365 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: UG, EG, 3 OG, DG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bandfassade</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung mit horizontal gelagerten Stahlschwertern als Sonnenschutz</li> </ul>  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Werksfernwärme</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 199 aktive Unterflur-Zuluftgeräte mit Funktion heizen, kühlen (befeuchten im 3. OG)</li> <li>- jedes zweite Gerät Umluftgerät mit Funktion heizen, kühlen (befeuchten im 3. OG)</li> <li>- 4-Leiterwärmetauscher für Heizung/Kühlung</li> <li>- 3-Stufen Umluft / Außenluft</li> </ul> |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 202</b>   |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:   | 318 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> ) |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:   | 82 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:   | 84 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGfA</sub> )  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):  | 4 h/a                                     |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |
| <b>Planung:</b>  | - Schalldämpfung innerhalb des Gebäudes sehr hochwertig   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - mittlerer Primärenergieverbrauch<br>- Nahezu keine Überhitzungsstunden<br>- Individuelle Bedienbarkeit der dezentralen Lüftungsgeräte in jeder Zone möglich |   |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>  |   |   |  |
| <b>Planung:</b>  | - Schallbrücken über Schacht der dezentralen Lüftungsgeräte im Brüstungsbereich   |   |  |
| <b>Betrieb:</b>  | - Außen- und Umluftgerät regeln auf die gleiche Zulufttemperatur<br>- Raumfühler der dezentralen Lüftungsgeräte nicht kalibriert                              |   |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>   |   |   |  |
|  |   |   |  |

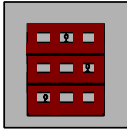
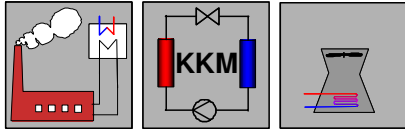
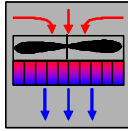
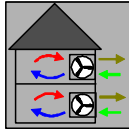
| <b>Steckbrief Gebäude 204</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2000<br>Nutzung: Bürogebäude, Erdgeschoss: Verkaufsfläche<br>Brutto Grundfläche: k.A.<br>Netto Grundfläche: 3.454 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: 2 UG, EG, 4 OG, DG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | - Lochfassade<br>- 2-fach Wärmeschutzverglasung mit außenliegendem Sonnenschutz   |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | - Fernwärme   |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | - Kompressionskältemaschine   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | - Dezentrale Lüftungsgeräte (Außenluft- / UmluftBetrieb:)   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | - Dezentrale Lüftungsgeräte (Außenluft- / UmluftBetrieb:)   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | - 307 dezentrale Brüstungs-Zu/Abluftgeräte (heizen, kühlen), 3-Volumenstromstufen<br>Raumlufttemperatur im Automatikmodus über GLT gesteuert, Volumenstrom und Temperatur kann über Bedienpanell manuell abgeändert werden (+/- 2K)<br>4 Leiterwärmetauscher für heizen, kühlen |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 204</b>  |  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
|---|--|---|---|-----------|--------|----------------|----|-----------|------|------------------|-----|------------|------|--------------------|----|-------------|----|------------------|----|------------------------|------------|
| <b>Kurzbewertung:</b>   | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 458 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 73 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  | ■ |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
|   | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 140 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) | ■ |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
|   | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | 229 h/a                                   | ■ |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Konzeption:</b>  | - Notwendigkeit der Fensterlüftung (Lärmbelästigung) besteht nicht   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Betrieb:</b>   | - Individuelle Bedienbarkeit der dezentralen Lüftungsgeräte in jeder Zone möglich  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>   |  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Planung:</b>   | - Gebäudeabschnitte mit dezentrale Lüftungsgeräte der 1./2. Generation können durch 2 Leitersystem mit Change-Over nur geheizt oder gekühlt werden<br>- fehlende Taupunktregelung/Kondensatsammlung der dezentralen Lüftungsgeräte |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Betrieb:</b>   | - hoher Primärenergieverbrauch<br>- falscher Umgang mit der Steuerung der dezentralen Lüftungsgeräte durch die Nutzer<br>- relativ viele jährliche Überhitzungsstunden   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Nutzerbefragung</b>  |  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
|  <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <caption>Nutzerbefragungsergebnisse</caption> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Anteil</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>sehr zufrieden</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>zufrieden</td> <td>~45%</td> </tr> <tr> <td>leicht zufrieden</td> <td>20%</td> </tr> <tr> <td>akzeptabel</td> <td>~32%</td> </tr> <tr> <td>leicht unzufrieden</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>unzufrieden</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td>sehr unzufrieden</td> <td>0%</td> </tr> <tr> <td><b>Zusammenfassung</b></td> <td><b>94%</b></td> </tr> </tbody> </table> |  |   |   | Kategorie | Anteil | sehr zufrieden | 0% | zufrieden | ~45% | leicht zufrieden | 20% | akzeptabel | ~32% | leicht unzufrieden | 6% | unzufrieden | 0% | sehr unzufrieden | 0% | <b>Zusammenfassung</b> | <b>94%</b> |
| Kategorie   | Anteil   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| sehr zufrieden  | 0%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| zufrieden   | ~45%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| leicht zufrieden  | 20%  |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| akzeptabel  | ~32%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| leicht unzufrieden  | 6%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| unzufrieden   | 0%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| sehr unzufrieden  | 0%   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |
| <b>Zusammenfassung</b>  | <b>94%</b>   |   |   |           |        |                |    |           |      |                  |     |            |      |                    |    |             |    |                  |    |                        |            |

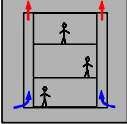
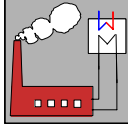
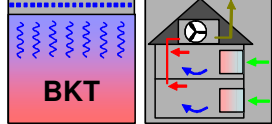
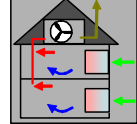
| <b>Steckbrief Gebäude 207</b>   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2006<br>Nutzung: Bürogebäude<br>Brutto Grundfläche: k.A.<br>Netto Grundfläche: 2.060 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: UG, EG, 4 OG   |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Doppelfassade</li> <li>- Primärfassade 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Sekundärfassade 1-fach Verbundssicherheitsglas</li> <li>- Sonnenschutzjalousie in der Doppelfassade, Blendschutz</li> </ul>  |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmepumpe (Wärmequelle: Brunnen)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Freie Kühlung über Brunnenwasser</li> </ul>   |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Umluftgeräte)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Umluftgeräte)</li> </ul>   |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 41 aktive Zuluftgeräte mit 3 Volumenstromstufen mit konstanter Zulufttemperatur</li> <li>- 24 Umluftgeräte (heizen, kühlen)</li> <li>- 4 Leiterwärmetauscher für heizen, kühlen</li> <li>- Raumtemperatur wird zentral gesteuert, kann im Raum bei Bedarf individuell angepasst werden</li> <li>- Zentrale aktive Abluft</li> </ul> |  |   |



| <b>Erfahrungen Gebäude 207</b>                               |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>  | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | 267 kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )             |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | 0 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | 99 <sup>1</sup> kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | k.A. h/a  |  |  |
| <sup>1</sup> Wärmebedarf über elektrische Wärmepumpe gedeckt |  |   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>                  |  |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- anspruchsvolle Architektur</li> <li>- sehr guter Blickkontakt zur Umgebung</li> <li>- schlankes Energiekonzept</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- niedriger Primärenergieverbrauch</li> </ul>   |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>                  |  |   |  |  |
| <b>Betrieb:</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Höchste Lüfterstufe bei den dezentralen Geräten eingestellt</li> <li>- Tische zu nahe an den Luftauslässen der dezentralen Geräte</li> <li>- Aufwendige Wartung der dezentralen Lüftungsgeräte</li> </ul> |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                       |  |   |  |  |
| In Gebäude 207 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt.     |  |   |  |  |

| Steckbrief Gebäude 209  |  |   |   |
|---|--|---|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung  | Energieübertragung  | Lüftung   |
|  |   |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2007<br>Nutzung: Bürogebäude<br>Brutto Grundfläche: k.A.<br>Netto Grundfläche: 20.933 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: 3 UG, EG, 11 OG   |   |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Lochfassade</li> <li>- 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Schiebeläden mit Streckmetall</li> </ul>   |   |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fernwärme</li> </ul>  |   |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompressionskältemaschine</li> <li>- Freie Kühlung über Kühltürme</li> </ul>  |   |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Umluftgeräte)</li> </ul>   |   |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Umluftgeräte)</li> </ul>   |   |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 880 aktive Brüstungs-Zu/Abluftgeräte, 3 Volumenstromstufen mit konstanter Zulufttemperatur</li> <li>- 616 Umluftgeräte (heizen, kühlen)</li> <li>- 4 Leiterwärmetauscher für heizen, kühlen</li> <li>- Raumlufttemperatur wird zentral gesteuert, kann im Raum bei Bedarf individuell angepasst werden</li> </ul> |   |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 209</b>                           |  |   |  |  |
|--|--|---|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt:  | --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme:  | --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom:  | --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> ) |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C):   | --- h/a                                   |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- anspruchsvolle Architektur</li> <li>- sehr guter Blickkontakt zur Umgebung</li> </ul> |   |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |   |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | Hohe Ausblasgeschwindigkeit der dezentralen Geräte   |   |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |   |  |  |
| In Gebäude 209 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |   |  |  |

| <b>Steckbrief Gebäude 110</b>   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Fassade/Atrium  | Energieversorgung   | Energieübertragung   | Lüftung   |
|  |    |  |  |
| <b>Gebäudedaten:</b>  | Fertigstellung: 2002<br>Nutzung: Bürogebäude<br>Brutto Grundfläche: 23.109 m <sup>2</sup><br>Netto Grundfläche: 15.579 m <sup>2</sup> (beheizt)<br>Geschosse: UG, EG, 3 OG  |  |   |
| <b>Fassade:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vollverglaste Doppelfassade</li> <li>- Primärfassade 2-fach Wärmeschutzverglasung</li> <li>- Sekundärfassade 1-fach Verbundssicherheitsglas</li> <li>- Vertikale Sonnen-/Blendschutzlamellen in der Doppelfassade</li> </ul> |  |   |
| <b>Wärmeversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahwärme</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kälteversorgung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nahkälte</li> </ul>  |  |   |
| <b>Heizung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Beheizung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Abluftnachströmung)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Kühlung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kühlung über Betonkerntemperierung</li> <li>- Dezentrale Lüftungsgeräte (Abluftnachströmung)</li> </ul>  |  |   |
| <b>Lüftung:</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Unterflurgeräte mit passiver Nachströmung mit konstanter Zulufttemperatur</li> <li>- 2-Leiter-System mit Change-Over-Betrieb:<br/>Raumlufitemperatur wird zentral geregelt</li> <li>- Zentrale aktive Abluft</li> </ul>      |  |   |

| <b>Erfahrungen Gebäude 110</b>                           |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
| <b>Kurzbewertung:</b>                                    | Jahres-Primärenergieverbrauch gesamt: --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Wärme: --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |  |
|  | Jahres-Endenergieverbrauch Strom: --- kWh/(m <sup>2</sup> <sub>NGFA</sub> )  |  |  |  |
|  | Jahres-Überhitzungsstunden (>26 °C): --- h/a   |  |  |  |
| <b>Positive Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |  |  |  |
| <b>Konzeption:</b>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- anspruchsvolle Architektur</li> <li>- sehr guter Blickkontakt zur Umgebung</li> </ul> |  |  |  |
| <b>Negative Aspekte des Gebäudekonzepts</b>              |  |  |  |  |
| <b>Nutzerbefragung</b>                                   |  |  |  |  |
| In Gebäude 110 wurde keine Nutzerbefragung durchgeführt. |  |  |  |  |

## 5. LITERATUR

- [1] Plesser, Stefan; Bremer, Carsten: EVA – Evaluierung von Energiekonzepten für Bürogebäuden Bericht zur Grobanalyse, Braunschweig, 2006.
- [2] Huckemann, Volker; Altendorf, Lars: TWINSKIN - Validierung von Planungskonzepten für Doppelfassaden bei Bürogebäuden anhand der Betriebs- und Nutzungserfahrungen, Braunschweig 2008.
- [3] Mahler, Boris; Himmler, Robert: DeAL – Evaluierung dezentraler außenwandintegrierter Lüftungssysteme, Stuttgart, 2008.

## **4.5 Innovative Gebäudekonzepte der Zukunft**

# RESSOURCENEFFIZIENTE GEBÄUDE FÜR DIE WELT VON ÜBERMORGEN

## Innovative Gebäudekonzepte der Zukunft

im Auftrag der  
**Ed. Züblin AG**

Stand: 22.06.2009  
Projekt-Nr. E08337

Projektleitung: Dr.-Ing. Boris Mahler  
Bearbeitung: Dr.-Ing. Robert Himmler



## INHALTSVERZEICHNIS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. EINLEITUNG</b>   | <b>4</b>  |
| 1.1. Die EnEV als Innovationsmotor für zukünftige Gebäudekonzepte        | 4         |
| 1.2. Die Entwicklung von der DIN 4108 zur Energie-Einsparverordnung 2007 | 4         |
| <b>2. GRUNDLAGEN</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1. Zukünftige Energie-Einsparverordnungen                              | 6         |
| 2.1.1 Energieeinsparverordnung 2009 (Nicht-Wohngebäude)                  | 6         |
| 2.1.2 Energieeinsparverordnung 2012 (Nicht-Wohngebäude)                  | 8         |
| 2.2. Freiwillige Gebäude-Energiestandards                                | 8         |
| 2.2.1 Einleitung   | 8         |
| 2.2.2 Enbau: Modellprojekte „Energieoptimierter Neubau“                  | 8         |
| 2.2.3 Passivhausstandard für Verwaltungsgebäude                          | 9         |
| 2.2.4 Netto-Nullenergiegebäude   | 10        |
| 2.2.5 Plus-Energiegebäude©   | 12        |
| 2.2.6 Energieautarke Gebäude   | 13        |
| 2.2.7 Triple-Zero Gebäude®   | 13        |
| 2.3. Gebäudezertifikate  | 14        |
| <b>3. METHODE</b>  | <b>15</b> |
| 3.1. Vorgehensweise  | 15        |
| 3.2. Beschreibung des Mustergebäudes                                     | 15        |
| 3.2.1 Architektur  | 15        |
| 3.2.2 Bauphysik  | 17        |
| 3.2.3 Technische Gebäudeausstattung                                      | 18        |
| 3.3. Gebäudesimulation als Werkzeug zur Berechnung des Energiebedarfs    | 20        |
| 3.3.1 Einleitung   | 20        |
| 3.3.2 Zonenbildung, Bauphysik und Nutzung                                | 20        |
| 3.3.3 Anlagentechnik   | 21        |
| <b>4. ERGEBNISSE</b>   | <b>22</b> |
| 4.1. Gesetzliche Energieeinsparverordnungen                              | 22        |
| 4.1.1 EnEV 2007  | 22        |
| 4.1.2 EnEV 2009  | 24        |
| 4.1.3 EnEV 2012 / EnBau mit Kraft-Wärme-Kopplung                         | 26        |
| 4.1.4 EnEV 2012 / EnBau mit Biomasseverbrennung                          | 28        |
| 4.1.5 „EnEV 2020“  | 30        |
| 4.2. Freiwillige Gebäude-Energiestandards                                | 32        |
| 4.2.1 Passivhausstandard für Verwaltungsgebäude                          | 32        |
| 4.2.2 Nullenergie-Gebäude (Biomasseofen und PV-Anlage)                   | 34        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.2.3     | Nullenergie-Gebäude (Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen + PV-Anlage)     | 36        |
| 4.2.4     | Nullenergiehaus (überdimensioniertes Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen) | 38        |
| 4.2.5     | Plus-Energiegebäude  | 40        |
| <b>5.</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG - MAßNAHMENMATRIX</b>                             | <b>42</b> |
| <b>6.</b> | <b>LITERATUR</b>   | <b>45</b> |
| <b>7.</b> | <b>ANHANG</b>  | <b>46</b> |
| 7.1.      | Nutzungszonen  | 47        |
| 7.2.      | Randbedingungen für interne Lasten                                   | 48        |
| 7.3.      | Randbedingungen Lüftung  | 49        |
| 7.4.      | Randbedingungen Heizen und Kühlen                                    | 50        |

## 1. EINLEITUNG

### 1.1. Die EnEV als Innovationsmotor für zukünftige Gebäudekonzepte

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ werden zukünftige Gebäudetechnologien insbesondere hinsichtlich Ihrer Ressourceneffizienz, aber auch hinsichtlich weiterer Aspekte wie beispielsweise die Verfügbarkeit und Funktionalität untersucht. Der Blick in die Vergangenheit zeigt, dass innovative Gebäude nicht durch den Einsatz einzelner Technologien energieeffizient wurden, sondern erst durch eine integrale Abstimmung aller architektonischen, bauphysikalischen und technischen Einzelmaßnahmen im Rahmen eines Energiekonzepts. Innovationsmotor waren und werden gesetzliche Verordnungen und freiwillige Gebäudestandards sein. Diese „zwingen“ die Planungsteams zu einer kosteneffizienten und funktionalen Abstimmung aller Maßnahmen zu einem Gesamtkonzept.

Im Folgenden werden am Beispiel eines mittelgroßen Verwaltungsgebäudes verschiedene aktuelle und zukünftige gesetzliche Verordnungen und freiwillige Standards untersucht und die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der energetischen Ziele als Gesamtgebäudekonzepte dargestellt.

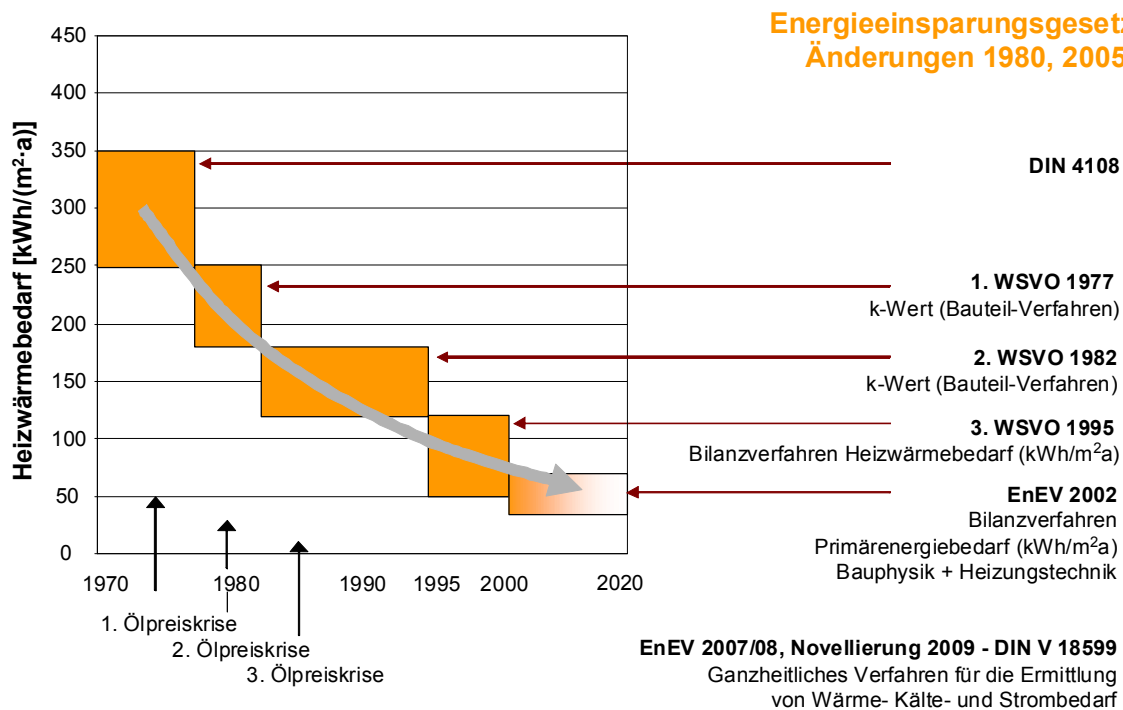
### 1.2. Die Entwicklung von der DIN 4108 zur Energie-Einsparverordnung 2007

Die erste Norm die den Wärmedurchgang durch konstruktive Bauteile des Gebäudes begrenzte, war die DIN 4108. Diese definierte einen Mindestwärmeschutz für Fassaden, Fenster und Dächer zur Verhinderung von Bauschäden, wie beispielsweise Tauwasser- und Schimmelbildung, siehe Bild 1.

Die ersten gesetzlichen Normen und Verordnungen zur Energieeinsparung wurden unter dem Eindruck der Ölkrisen 1973 und 1979 geschaffen, um den Heizenergieverbrauch von Wohn- und Bürogebäude zu reduzieren. Die Normen beinhalteten ein bauteilbezogenes System, bei dem minimale Dämmwerte für verschiedene konstruktive Teile des Gebäudes wie Fassaden, Dächer und Fenster definiert wurden.

Mit der Wärmeschutzverordnung (WSVO 1995) wurde erstmals ein Bilanzierungsverfahren eingeführt, welches die Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung den solaren und internen Wärmegewinnen gegenüberstellt. Vorteil für die Architekten und Planer war eine größere Flexibilität bezüglich der verschiedenen Bauteile des Gebäudes und eine erhebliche Reduzierung des Heizenergiebedarfs. Als „Sekundäreffekt“ der Wärmeschutzverordnung wurden freiwillige - über die Verordnung hinausgehende - Standards wie Niedrigenergie- oder Passivhausstandard eingeführt. Weiterhin gab die Verordnung wichtige Impulse für die gezielte Entwicklung energieeffizienter Baustoffe und Technologien.

Die Wärmeschutzverordnung wurde 2002 durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) ersetzt, welche erstmals die Wärmeschutzverordnung und die Heizungsanlagenverordnung (HeizAnIV) vereinte. Somit werden neben dem Wärmebedarf des Gebäudes erstmals Verluste bei der Wärmeerzeugung und der Einsatz erneuerbarer Energien berücksichtigt.



**Bild 1. Entwicklung des maximalen Heizwärmebedarfs der verschiedenen Wärmeschutzstandards.**

Die EnEV 2007 geht noch einen Schritt weiter: mit der dazugehörigen Rechenmethode DIN 18599 erfolgt eine ganzheitliche Ermittlung des Energiebedarfs für Heiz- und Brauchwassererwärmung sowie Strombedarf für Heizung, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung.

Dazu wird für jedes Bauvorhaben ein passendes Referenzgebäude berechnet, dessen Jahres-Primärenergiebedarf als Höchstwert für das zu planende Gebäude gilt. Das Referenzgebäude hat die gleiche Geometrie, Nettogrundfläche, Ausrichtung und Nutzung wie das geplante Gebäude. Die energetischen Qualitäten der Gebäudehülle und die Anlagentechnik für das Referenzgebäude gibt die EnEV vor.

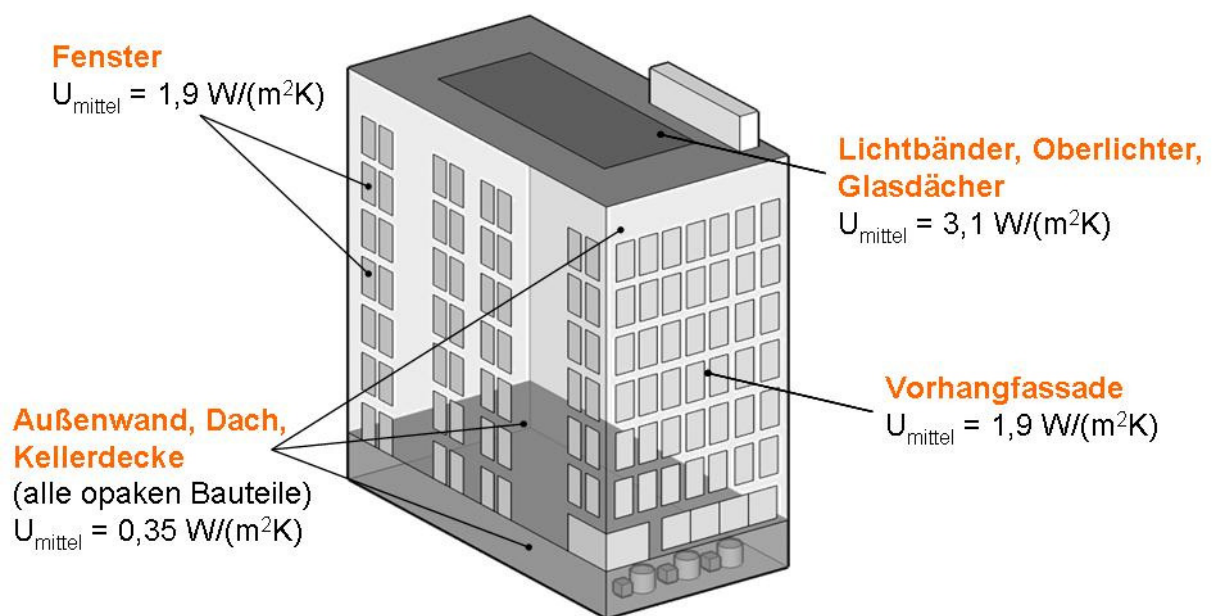
Die Rechenmethodik wird durch die DIN 18599 vorgegeben. Die Berechnungen erlauben die Beurteilung aller Energiemengen, die zur bestimmungsgemäßen Heizung, Warmwasserbereitung, raumluftechnischen Konditionierung und Beleuchtung von Gebäuden notwendig sind. Dabei berücksichtigt DIN 18599 auch die gegenseitige Beeinflussung von Energieströmen und die daraus resultierenden planerischen Konsequenzen. Neben dem Berechnungsverfahren werden auch nutzungsbezogene Randbedingungen für eine neutrale Bewertung zur Ermittlung des Energiebedarfs angegeben (unabhängig von individuellem Nutzerverhalten und lokalen Klimadaten). Die Norm ist geeignet, den langfristigen Energiebedarf für Gebäude oder auch Gebäudeteile zu ermitteln und die Einsatzmöglichkeiten erneuerbarer Energien für Gebäude abzuschätzen.

## 2. GRUNDLAGEN

### 2.1. Zukünftige Energie-Einsparverordnungen

#### 2.1.1 Energieeinsparverordnung 2009 (Nicht-Wohngebäude)

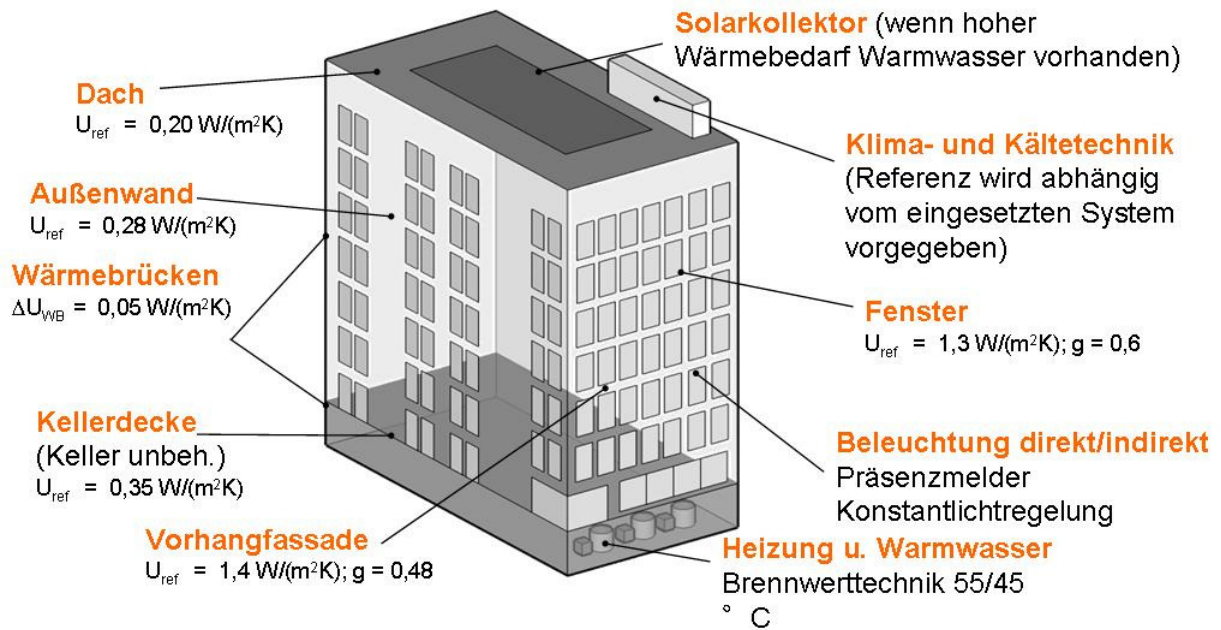
Die novellierte EnEV 2009 wird zum 1.10.2009 in Kraft treten und beinhaltet im Vergleich zur EnEV 2007 eine Verschärfung des Grenzwerts für Primärenergiebedarf um -30 % [1]. Bewertungsgrößen für den Energiebedarf der Gebäude sind der Primärenergiebedarf der Gebäude für Wärme (Heizung, Brauchwasser) und Strom (Hilfsstrom, Lüftung, Kühlung, Beleuchtung) sowie maximale durchschnittliche U-Werte der Gebäudehülle, siehe Bild 2.



**Bild 2. Zusatzanforderung an Außenbauteile.**

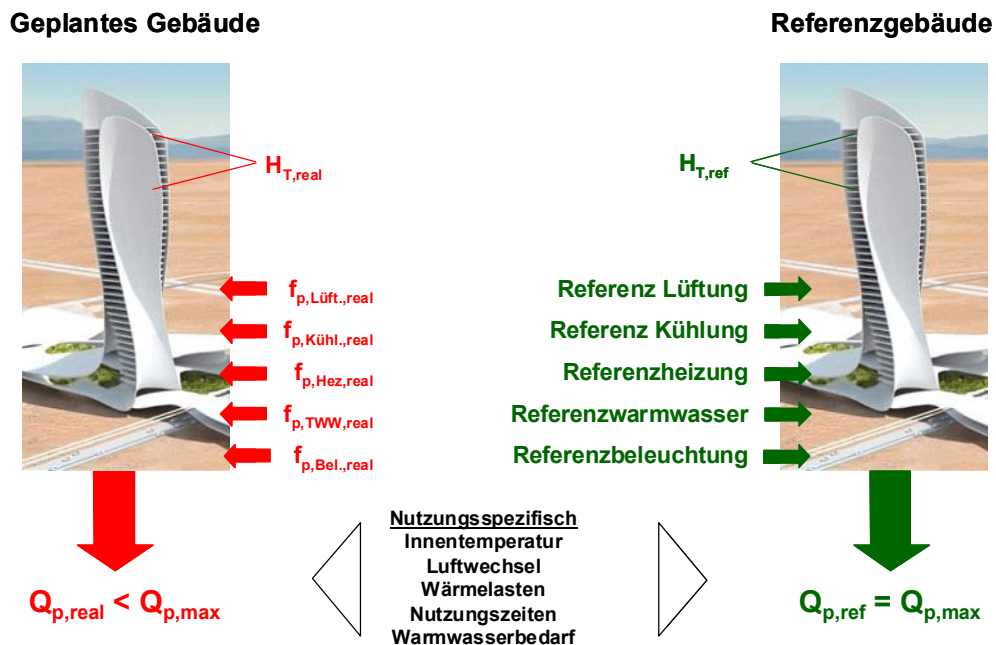
Für die Bewertung des Primärenergiebedarfs wird ein Referenzgebäude definiert. Dieses Referenzgebäude weist die gleiche Kubatur wie das geplante Gebäude auf, besteht jedoch aus Bauteilen mit vordefinierten U-Werten (siehe Bild 3), die sich von den in Bild 2 dargestellten Werten unterscheiden.

Die Heizungstechnik ist mit einem Brennwertkessel (55/45°C) und die Beleuchtung mit Präsenzmeldern und Konstantlichtregelung vorgegeben. Die Kälte- und Lüftungstechnik entspricht der im geplanten Gebäude vorgesehenen Klimatechnik.



**Bild 3. Verschärfung der energetischen Anforderungen an Außenbauteile (Referenzgebäude).**

Für das geplante und das Referenzgebäude wird entsprechend der Rechenvorschrift DIN 18599 der flächenbezogene Primärenergiebedarf berechnet, siehe Bild 4. Der Flächenbezug erfolgt auf die beheizte/klimatisierte Netto-Grundfläche.



**Bild 4. Anforderung an Nichtwohngebäude.**

Im Gegensatz zur EnEV 2007 kann die Stromerzeugung aus Photovoltaik in die Energiebilanz des Gebäudes eingerechnet werden, wenn ein unmittelbarer räumlicher Bezug besteht oder der Strom vorrangig im Gebäude genutzt wird.

## 2.1.2 Energieeinsparverordnung 2012 (Nicht-Wohngebäude)

Eine neue EnEV-Novelle haben die federführenden Bundesministerien bereits angekündigt. Die künftige EnEV 2012 soll in einem weiteren Schritt sowohl für Neubauten als auch für Modernisierungen die energetischen Anforderungen um nochmals fast **30 %** verschärft werden [2], wobei die Rechenmethodik voraussichtlich beibehalten wird.

## 2.2. Freiwillige Gebäude-Energiestandards

### 2.2.1 Einleitung

In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass Teile aus freiwilligen Gebäudestandards häufig zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen einer Verordnung zum gesetzlichen Standard festgeschrieben wurden. Als Beispiel ist die Übernahme des Niedrig-Energiestandard für Wohngebäude (WSVO'95 - 25 %) in die EnEV 2004 zu nennen. Ein weiteres Beispiel ist die Übernahme der Primärenergie-Bilanzierungsmethode (Heizung, Lüftung, Kälte und Beleuchtung) aus dem Forschungsprojekt SolarBau:Monitor in die EnEV 2007. D.h. heute existierende, freiwillige Standards können sich teilweise oder ganz in zukünftigen gesetzlich vorgeschriebenen Standards wiederfinden. Somit können freiwillige Standards einen Blick in die Zukunft des Bauens gewähren.

Im Folgenden werden bereits etablierte oder neue freiwillige Energiestandards für Bürogebäude erläutert. Ein Teil der genannten Standards wurden bereits im Rahmen von Pilotprojekten umgesetzt, ein Teil befindet sich in der nationalen und internationalen Diskussion.

Im Gegensatz zu den derzeit gültigen gesetzlichen Anforderungen ist den nachfolgend dargestellten Standards gemeinsam, dass diese nur durch eine konsequente Zusammenführung von Energieeinsparung und Nutzung erneuerbarer Energien erreichbar sind.

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass die Standards häufig von einzelnen Autoren oder projektspezifisch definiert werden und damit keine allgemeine Gültigkeit haben.

### 2.2.2 Enbau: Modellprojekte „Energieoptimierter Neubau“

Im Forschungsprojekt EnBau des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) werden energetisch hocheffiziente Nicht-Wohngebäude entwickelt und erforscht [3]. Zumeist sind es Büro- und Verwaltungsgebäude sowie öffentliche und gewerbliche Bauten, die bereits auf Basis eines durchdachten Entwurfs und bauphysikalischer Qualitäten gute Voraussetzungen für Komfort mitbringen – hoher thermischer und visueller Komfort lässt sich mit einer reduzierten, schlanken Gebäudetechnik erreichen. Architektur, Bausystem,



Baukonstruktion und Gebäudetechnik werden dabei so aufeinander abgestimmt, dass ein möglichst geringer Energiebedarf für Heizung, Kühlung und Beleuchtung erreicht wird.

Voraussetzung zur Teilnahme an »EnBau« ist eine Unterschreitung der Anforderungen für das Referenzgebäude nach EnEV 2007 um mindestens **50%**.

### 2.2.3 Passivhausstandard für Verwaltungsgebäude

Der Begriff „Passivhaus“ wurde in Deutschland im Wesentlichen durch das Passivhaus-Institut Darmstadt geprägt. Deren Definition des Passivhauses bezieht sich dabei weniger auf den Energieverbrauch des Gebäudes, sondern auf die thermische Behaglichkeit und das Gebäudekonzept:

"Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730 [4]) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität (DIN 1946 [5]) erforderlich ist, gewährleistet werden kann - ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden." [6]

Da in einem sehr gut gedämmten Gebäude eine Lüftungsanlage mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung aus energetischen und hygienischen Gründen (siehe oben) notwendig ist, liegt es nahe, die Zuluft zur Beheizung des Gebäudes zu nutzen. Daraus ergeben sich folgende Bedingungen für ein Passivhaus: Multipliziert man den Mindest-Frischluft-Volumenstrom von 30 m<sup>3</sup>/h für eine Person mit der Wärmekapazität der Luft von 0,33 Wh/(m<sup>3</sup>K) und der maximal möglichen Temperaturdifferenz im Heizfall von 30 K, so ergibt sich eine maximale Heizleistung von 10 W/m<sup>2</sup> (bei 30 m<sup>3</sup>/h pro Person). Legt man die Wetterdaten für Mitteleuropa zugrunde, so ergibt sich der oftmals zitierte Heizwärmebedarf von **15 kWh/(m<sup>2</sup>a)** für Wohngebäude. Darüber hinaus wurde als Nebenanforderung ein Primärenergiebedarf für Heizung, Brauchwasser und Haushaltsstrom von maximal **120 kWh/(m<sup>2</sup>a)** und ein maximaler Infiltrationsluftwechsel von  $n_{50} = 0,6^{-1}$  definiert.

Das Passivhausprinzip wurde in der Vergangenheit bereits einige Male auf Nicht-Wohngebäude (Bürogebäude, Produktionsstätten) angewandt. Eine explizite Definition für Bürogebäude existiert jedoch nicht, d.h. es ist nicht bekannt, ob im „Haushaltsstrom“ neben Hilfsenergie, Lüftung, Kühlung und Beleuchtung auch Betriebsstrom für Computer und nutzungsspezifische Anwendungen enthalten ist.

Obwohl mit dem Passivhausstandard nur ein Teilaspekt der Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes begrenzt wird, weisen die gebauten und evaluierten Passivhausbürogebäude neben einem extrem niedrigen Heizwärme- auch einen niedrigen Primärenergieverbrauch auf. Da beim Passivhaus der Heizwärmebedarf im Vordergrund steht und dieser beim Primärenergiebedarf eines Gebäudes eine untergeordnete Rolle spielt, ist die derzeitige Definition des Passivhausstandards über den Heizwärmebedarf für Bürogebäude zu hinterfragen und sollte auf den Primärenergiebedarf ausgeweitet werden.



## 2.2.4 Netto-Nullenergiegebäude

Bei Netto-Nullenergiegebäuden (im Folgenden Null-Energiegebäude genannt) übersteigt der jährliche Primärenergieverbrauch nicht die Energieerzeugung vor Ort aus erneuerbaren Energien. Dabei wird das Stromnetz als Energiespeicher genutzt, d.h. ein Überangebot von z.B.: Solar- oder KWK-Strom im Sommer wird in das öffentliche Netz eingespeist und im Winter wieder entnommen, so dass sich eine ausgeglichene Bilanz ergibt. Der Bilanzzeitraum beträgt ein Jahr.

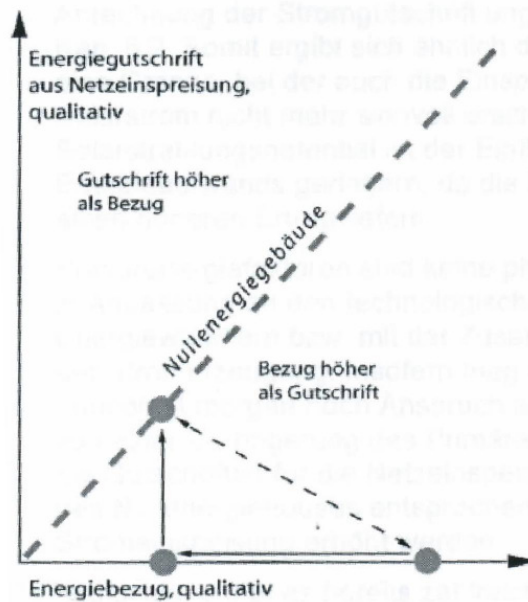
Wird die Bilanzgrenze um das Gebäude bzw. dessen unmittelbare Umgebung gezogen, so stehen folgende regenerative Energiequellen zur Verfügung, um die Primärenergiebilanz auszugleichen:

- Stromeinspeisung aus Kraft-Wärme-Kopplung aus einem regenerativen Energieträger (z.B.: Pfalzenöl)
- Stromeinspeisung aus Photovoltaik

Wird die Bilanzgrenze nicht örtlich begrenzt, so stehen folgende Möglichkeiten zur Verfügung, um die Primärenergiebilanz auszugleichen:

- Bezug von „Ökostrom“ von externen Anbietern
- Beteiligungen an Anlagen zur Erzeugung von „Ökostrom“, z.B.: Windkraftanlagen, Photovoltaikanlagen
- Einspar-Contracting
- Emissionshandel

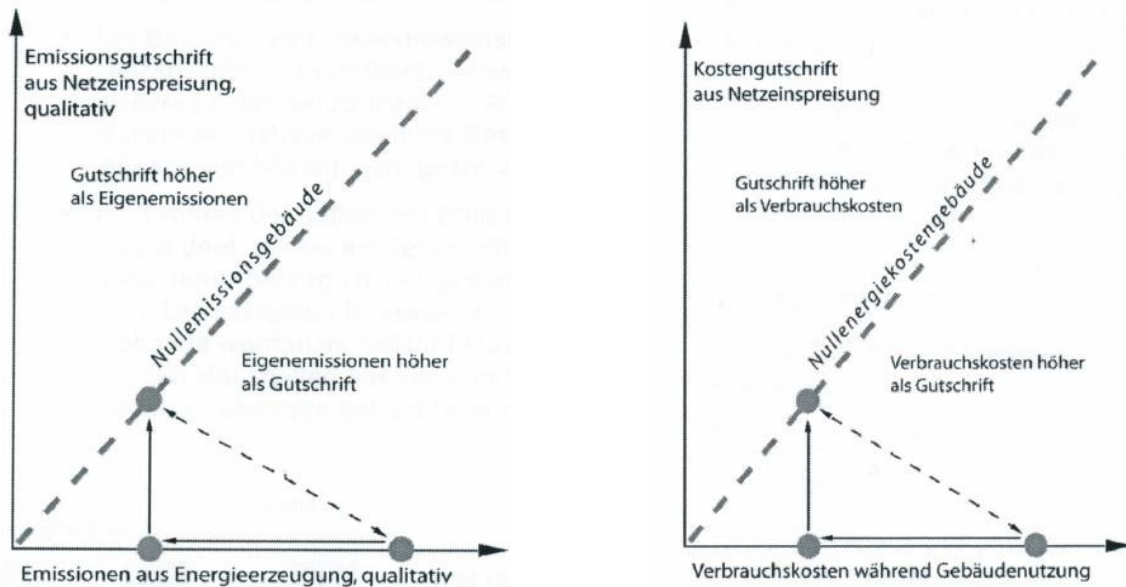
Beim Nullenergiegebäude ist die Bilanzierungsgröße der während der Nutzungsphase auftretende Primärenergiebedarf, siehe Bild 5. Im ersten Schritt wird der Energiebedarf durch Effizienzmaßnahmen reduziert (Pfeil nach links) und im zweiten Schritt der verbleibende Energiebedarf durch regenerative Energiequellen gedeckt (Pfeil nach oben).



**Bild 5. Energiebilanz beim Null-Energiegebäude [7].**

Es ist zu beachten, dass der Primärenergiebedarf/-verbrauch nicht direkt gemessen werden und entsprechend der offiziellen Primärenergiefaktoren aus dem End-Energiebedarf/-verbrauch errechnet werden muss.

Eine Abwandlung des Null-Energiegebäudekonzepts sind Null-Emissionsgebäude bzw. CO<sub>2</sub>-neutrale und energiekostenneutrale Gebäude. Bei Null-Emissionsgebäude bzw. CO<sub>2</sub>-neutrale Gebäuden ist die Bilanzierungsgröße die während der Nutzungsphase emittierten klimaschädlichen Gase bzw. CO<sub>2</sub>. Während das Konzept des Null-Energiegebäudes vor allem der Ressourcenknappheit Rechnung trägt, ist der Fokus bei Null-Emissions- und CO<sub>2</sub>-neutralen Gebäuden auf den klimarelevanten Emissionen der Gebäude während der Nutzungszeit. Den lokalen Emissionen aus der Gebäudenutzung werden Gutschriften aus der Netzeinspeisung gegenübergestellt, siehe Bild 6. Es ist zu beachten, dass die Emissionen aus dem Primärenergiebedarf/-verbrauch errechnet werden müssen und nicht ohne weiteres direkt messbar sind. Nicht alle Emissionen sind für den Klimawandel in gleicher Weise bedeutsam und müssen daher umgerechnet werden.

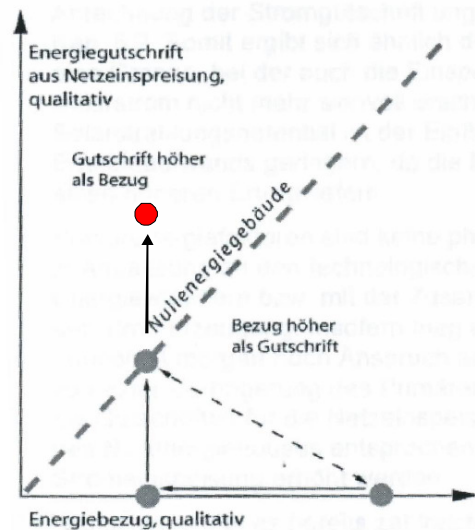


**Bild 6. Bilanz beim Null-Emissionsgebäude (links) und beim Null-Energiekostengebäude (rechts) [7].**

Beim Null-Energiekostengebäude werden die Energiekosten mit der Gutschrift aus der Stromeinspeisung verrechnet. Dabei ist zu beachten, dass die Höhe der Einspeisevergütungen von politischen Rahmenbedingungen abhängt und mittel- bis langfristig nahezu unkalkulierbar ist.

### 2.2.5 Plus-Energiegebäude©

Beim Plus-Energiegebäude ist die Primärenergiegutschrift größer als der Primärenergiebezug, siehe Bild 7. Ähnlich wie beim Netto-Nullenergiegebäude muss zunächst der Primärenergiebedarf des Gebäudes konsequent durch Dämm- und Energieeffizienzmaßnahmen reduziert werden. Während beim Netto-Nullenergiegebäude versucht wird, den verbleibenden Primärenergiebedarf mit regenerativen Energiequellen zu decken, geht das Plus-Energiegebäude darüber hinaus und erzeugt regenerative Energie, welche üblicherweise als Strom ins öffentliche Netz eingespeist wird. Wie hoch dieser erzeugte Überschuss ist, ist im Plusenergie-Konzept nicht festgelegt.



**Bild 7. Energiebilanz beim Plus-Energiegebäude [7].**

### 2.2.6 Energieautarke Gebäude

Energieautarke Gebäude erzeugen die zum Betrieb des Gebäudes erforderliche Energie ausschließlich auf dem Grundstück. Dies kann letztendlich nur mit Solarenergie - gegebenenfalls in Kombination mit Geothermie - umgesetzt werden. Ausnahmen bilden beispielsweise Tiefen-Geothermie oder Wasserkraft zur Stromerzeugung; doch Gebäude mit diesen potenziellen Energiequellen auf dem Grundstück bilden die Ausnahme. Bei energieautarken Gebäuden muss das Überangebot an Solarstrom und -wärme im Sommer durch eine entsprechend aufwändige Speichertechnologie für den Winterbetrieb mit größerem Wärme- und Strombedarf saisonal zwischengespeichert werden.

Diese Technik ist in einem Land wie Deutschland mit einem sehr gut ausgebautem Stromnetz nicht sinnvoll, da ein extrem hoher Aufwand betrieben werden muss, um ein energieautarkes Gebäude erstellen zu können. In Ländern mit einer schlechten Infrastruktur und beispielsweise viel Solarenergie kann ein energieautarkes Gebäude durchaus auch wirtschaftlich Sinn machen.

### 2.2.7 Triple-Zero Gebäude®

Der Triple Zero® Standard ist eine Kombination aus Null-Energie und Null-Emissionen Gebäude (siehe Kapitel 2.2.4) und hinterlässt zudem beim Um- und Abbau keinen Abfall. Alle Bauteile können am Ende des Lebenszyklus vollständig, ohne jedwede zu verbrennende oder zu deponierende Anteile, recycelt werden. Das Grundstück kann ohne Altlasten oder sonstige verbliebene Rückstände renaturiert werden [8]. D.h. beim Triple-Zero Gebäude beschränkt sich die Bilanzierung nicht nur auf den Energieverbrauch während der Nutzungsphase, sondern den gesamten Lebenszyklus.

### 2.3. Gebäudezertifikate

Bei den in Kapitel 2.1 und 2.2 beschriebenen Verfahren geht es um die Beschreibung der geplanten energetischen Qualität der Gebäude während der Nutzungsphase. Dabei wird der Energieverbrauch zur Errichtung, Sanierung und Abriss der Gebäude vernachlässigt. Moderne Zertifizierungssysteme auf freiwilliger Basis berücksichtigen auch diese „graue“ Energie und gehen noch einen Schritt weiter: Neben dem Energieverbrauch für den gesamten Lebenszyklus werden folgende Aspekte berücksichtigt:

- Nachhaltigkeit
- Wasserwirtschaft
- Energiebedarf
- Gebäudematerialien
- Gebaute Umgebung

Beispiele für Zertifizierungssysteme, welche die oben genannten Aspekte enthalten sind folgende:

- DGNB-Zertifikat (Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen e.V.; Deutschland)
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design; USA)
- BREEAM (BRE Environmental Assessment Method; Großbritannien)

Obwohl es Deutschland bereits einige nach LEED zertifizierte Gebäude insbesondere von international agierenden Unternehmen gibt, wird sich hierzulande höchstwahrscheinlich das DGNB-Zertifikat durchsetzen. Dieses ist auf den hiesigen Immobilienmarkt zugeschnitten und übertrifft die etablierten Zertifizierungssysteme hinsichtlich der Evaluierungstiefe als auch der Evaluierungsbreite. So werden neben ökologischen Aspekten auch ökonomische und soziokulturelle Aspekte berücksichtigt.

### 3. METHODE

#### 3.1. Vorgehensweise

Im Rahmen dieser Studie sollen die notwendigen energetischen Maßnahmen ermittelt werden, um die in Kapitel 2 vorgestellten aktuellen und zukünftigen bzw. freiwilligen Energiestandards von Bürogebäuden zu erreichen. Es werden die folgenden Energiestandards näher betrachtet:

- EnEV 2007
- EnEV 2009
- EnEV 2012
- Passivhaus
- Null-Energiegebäude
- Plus-Energiegebäude

Dazu wird im ersten Schritt ein mittelgroßes Bürogebäude inklusive Haustechnik als Mustergebäude definiert und mit einer thermischen Gebäudesimulation der Heizenergie-, Kühlenergie- und Strombedarf berechnet. Im zweiten Schritt wird versucht, die oben genannten Zielwerte mit Dämm- bzw. Energieeffizienzmaßnahmen (z.B.: Wärmerückgewinnung) zu erreichen. Beim Null- und Plusenergiegebäude muss der Energiebedarf für Heizwärme und Strom durch erneuerbare Energien gedeckt bzw. überschritten werden. Im Rahmen einer Grobdimensionierung werden verschiedene Varianten betrachtet und hinsichtlich des notwendigen Aufwands qualitativ beurteilt.

#### 3.2. Beschreibung des Mustergebäudes

##### 3.2.1 Architektur

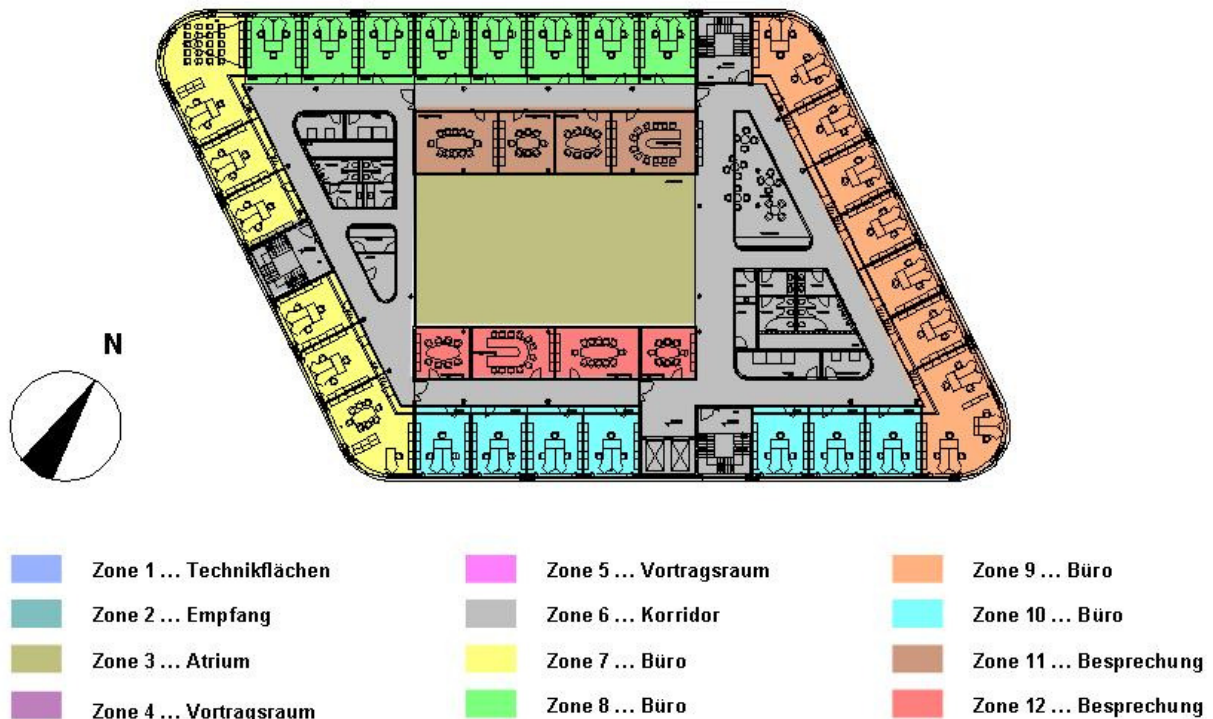
Als Mustergebäude wurde ein repräsentatives Verwaltungsgebäude mit Büro-, Besprechungs- und Konferenzräumen ausgewählt. Es weist ein Untergeschoss, ein Erdgeschoss, drei Obergeschosse und ein Dachgeschoss mit einer beheizten Netto-Grundfläche von 10.867 m<sup>2</sup> auf.

Der kompakte Baukörper reduziert durch sein günstiges A/V-Verhältnis von 0,22 m<sup>-1</sup> die Wärmeverluste während der Heizperiode und schafft durch das zentral eingelagerte Atrium eine thermische Pufferzone zur Nutzung passivsolarer Gewinne.



**Bild 8. Architektur des Mustergebäudes [HHS Architekten].**

Die verhältnismäßig geringe Tiefe der Büroräume begünstigt die Tageslichtnutzung und reduziert den elektrischen Strombedarf für künstliche Beleuchtung, siehe Bild 9. Das vorliegende architektonische Konzept schafft somit alleine aufgrund seiner kompakten Kubatur sehr Voraussetzungen für einen niedrigen Energiebedarf.



**Bild 9. Nutzungszonen des Mustergebäudes.**



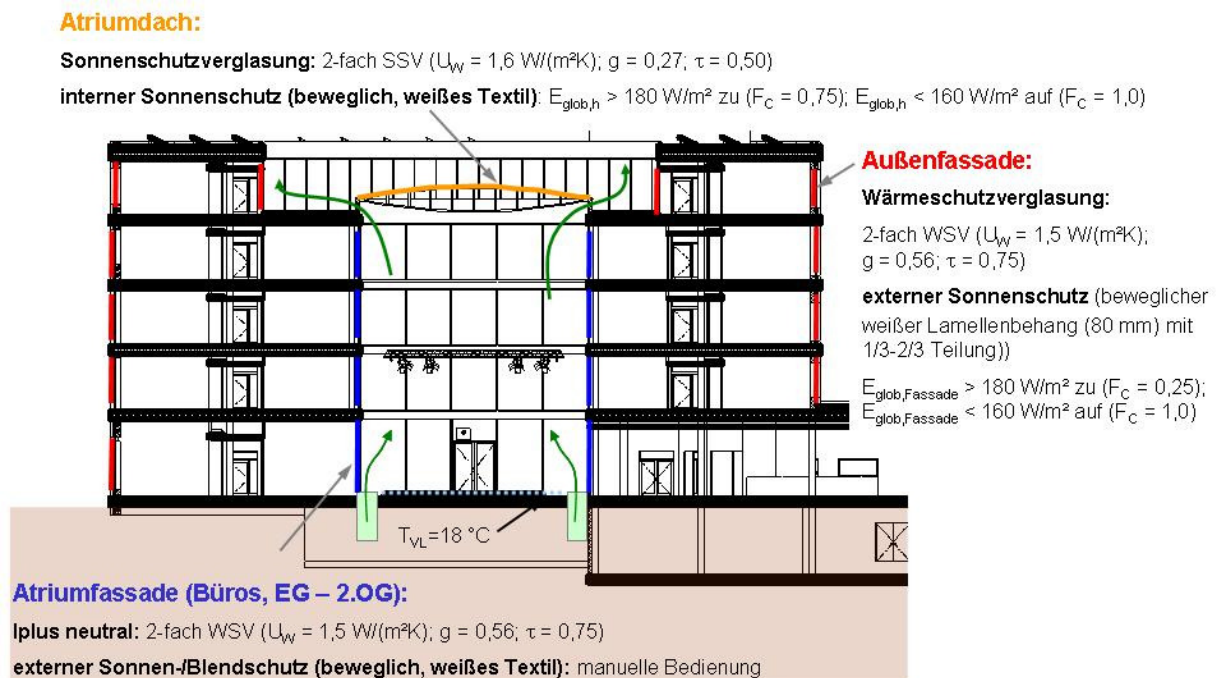
### 3.2.2 Bauphysik

Im Folgenden werden die bauphysikalischen Maßnahmen für das Mustergebäude beschrieben, um die aktuell geltende EnEV 2007 zu erfüllen.

Die Lochfassade mit einem Fensterflächenanteil von 50 % wird als hinterlüftete Alu-Compoundfassade ausgeführt, siehe Bild 10. Die Dämmstärke von 11 cm resultiert in einem U-Wert von 0,35 W/(m<sup>2</sup>K). Die Wärmeschutzverglasung ist mit einem U<sub>W</sub>-Wert von 1,5 W/(m<sup>2</sup>K) und einem g-Wert von 0,56 ausgeführt. Der sommerliche Wärmeschutz wird durch einen außenliegenden Sonnenschutz mit 80 mm breiten, weiß lackierten Lamellen gewährleistet. Er wird abhängig von der Globalstrahlung auf die jeweilige Fassadenorientierung gesteuert.

Das Atriumdach wird mit einer neutralen Sonnenschutzverglasung mit einem U<sub>W</sub>-Wert von 1,6 W/(m<sup>2</sup>K) und einem g-Wert von 0,27 W/(m<sup>2</sup>K) ausgeführt. Als Sonnenschutz ist ein innenliegendes, bewegliches Textil vorgesehen, das abhängig von der Strahlung gesteuert wird.

Die Fassade zwischen den Büros und dem Atrium weist die gleichen Kennwerte der Außenfassade auf, nur dass hier ein Fensterflächenanteil von 75 % vorliegt und der sommerliche Wärmeschutz durch ein textiles Rollo gewährleistet wird.



**Bild 10. Wärmeschutzkonzept des Mustergebäudes.**

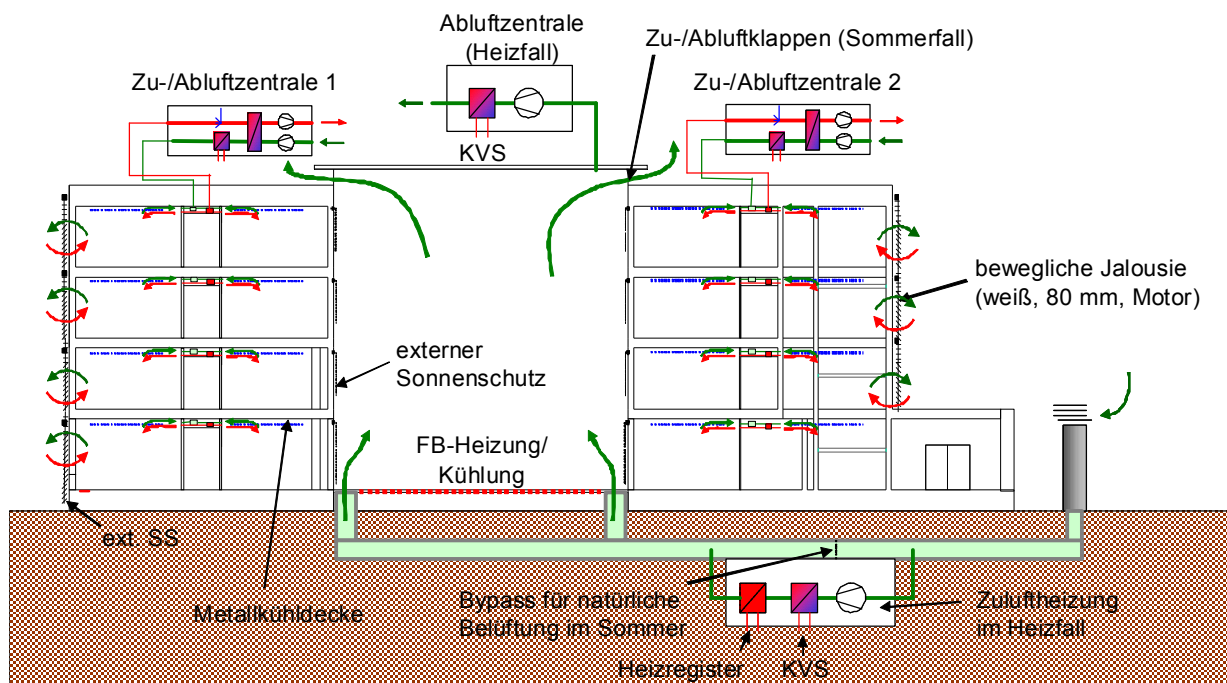
Die konsequente Reduzierung der äußeren thermischen Lasten ermöglicht den Einsatz von Flächenheiz- und Kühlsystemen die einen großen Teil der Wärme über Strahlung übertragen und damit einen hohen thermischen Komfort erreichen.



### 3.2.3 Technische Gebäudeausstattung

#### Lüftungskonzept

Die Zu-/Abluftanlagen mit einem Kreislaufverbundsystem (Wärmerückgewinnungsgrad: 35 %) reduzieren die Lüftungswärmeverluste, siehe Bild 11. Die Zuluft wird über Wärmetauscher auf 20 °C vorgewärmt (Heizfall) bzw. gekühlt (Sommerfall) und über Steigschächte im Gebäude vertikal verteilt. Die Luftverteilung in der Horizontalen erfolgt über Luftkanäle in den abgehängten Flurdecken. Die Außen- Luftmenge ist auf den hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel von 36 m<sup>3</sup>/h pro Person ausgelegt.

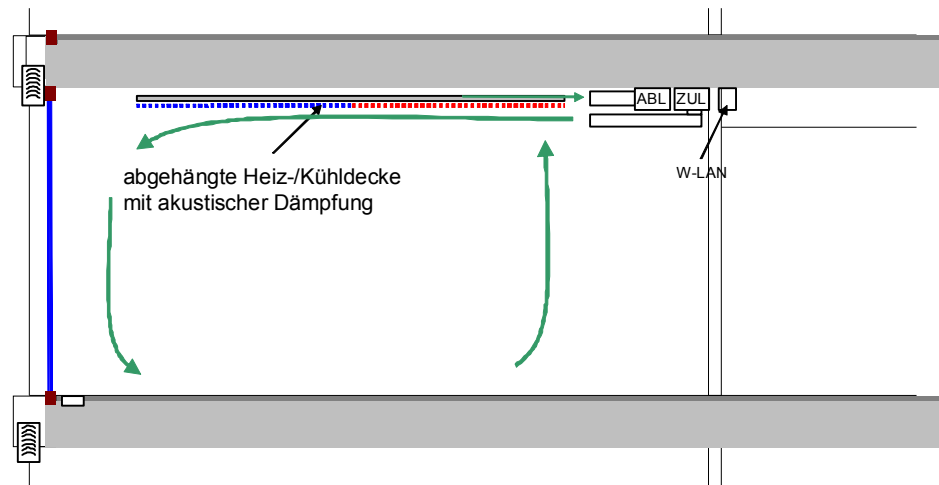


**Bild 11. Lüftungskonzept des Mustergebäudes.**

Die im Keller des Gebäudes untergebrachte Lüftungsanlage für den Konferenzbereich weist ebenfalls ein Kreislaufverbundsystem mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 35 % auf. Die Kühlung der Zuluft erfolgt über einen Wärmetauscher. Bei Großveranstaltungen im Atrium kann die Lüftung des Konferenzbereichs auf das Atrium umgeschaltet werden. Das Atrium wird, um solare Lasten im Sommerfall abzuführen, über einen unterirdischen Betonkanal und Abluftklappen im Dach natürlich belüftet. Im Winterfall werden die Klappen geschlossen und die Belüftung erfolgt ausschließlich über Infiltration.

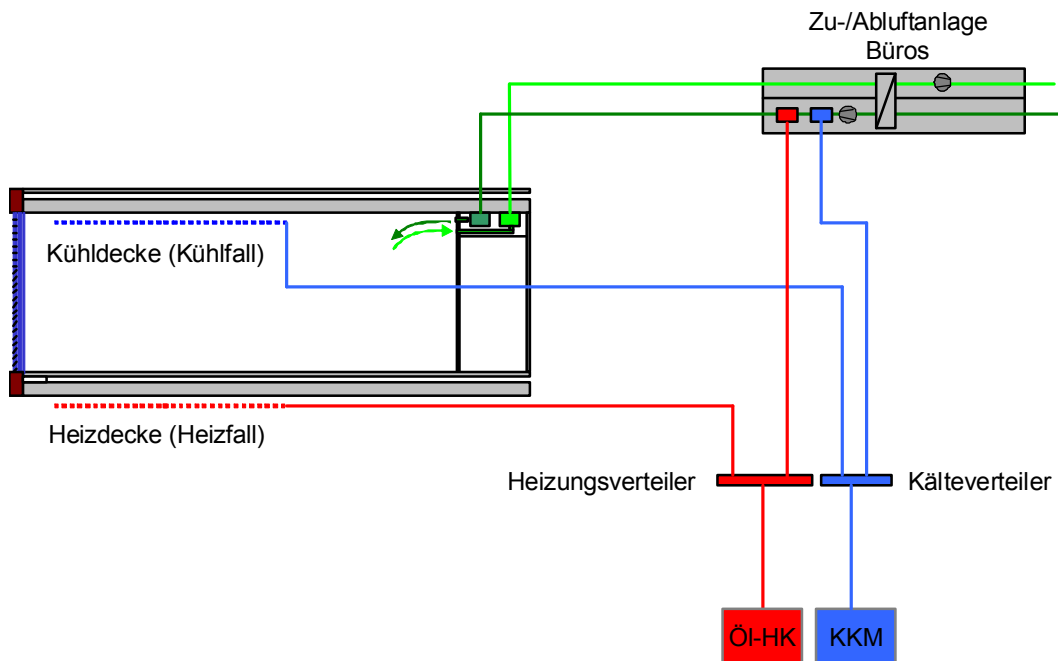
#### Heizung / Kühlung

Die Beheizung und Kühlung der Büro-, Besprechungs- und Konferenzräume erfolgt über abgehängte Metall-Deckensegel, die akustisch aktiv sind, siehe Bild 12. Das Atrium wird über eine Fußbodenheizung im Winter beheizt und im Sommer bei Bedarf gekühlt.



**Bild 12. Büroschnitt mit Heiz-, Kühl- und Lüftungskonzept.**

Für die Übertragbarkeit des Gebäudekonzepts auf beliebige Standorte wird von einer standortunabhängigen Energieversorgung ausgegangen. Dies schließt die Nutzung von Fernwärme oder Gas zur Beheizung und oberflächennahe Geothermie zur Kühlung aus, da diese Energieträger bzw. geologischen Voraussetzungen nicht an jedem Standort vorzufinden sind. Es wird daher in der Grundvariante von einer Heizwärmeversorgung mit einem Niedertemperatur-Ölkessel und einer Kompressionskälteanlage ausgegangen, siehe Bild 13.



**Bild 13. Energieversorgung des Mustergebäudes mit Niedertemperatur-Ölkessel und Kompressionskältemaschine.**

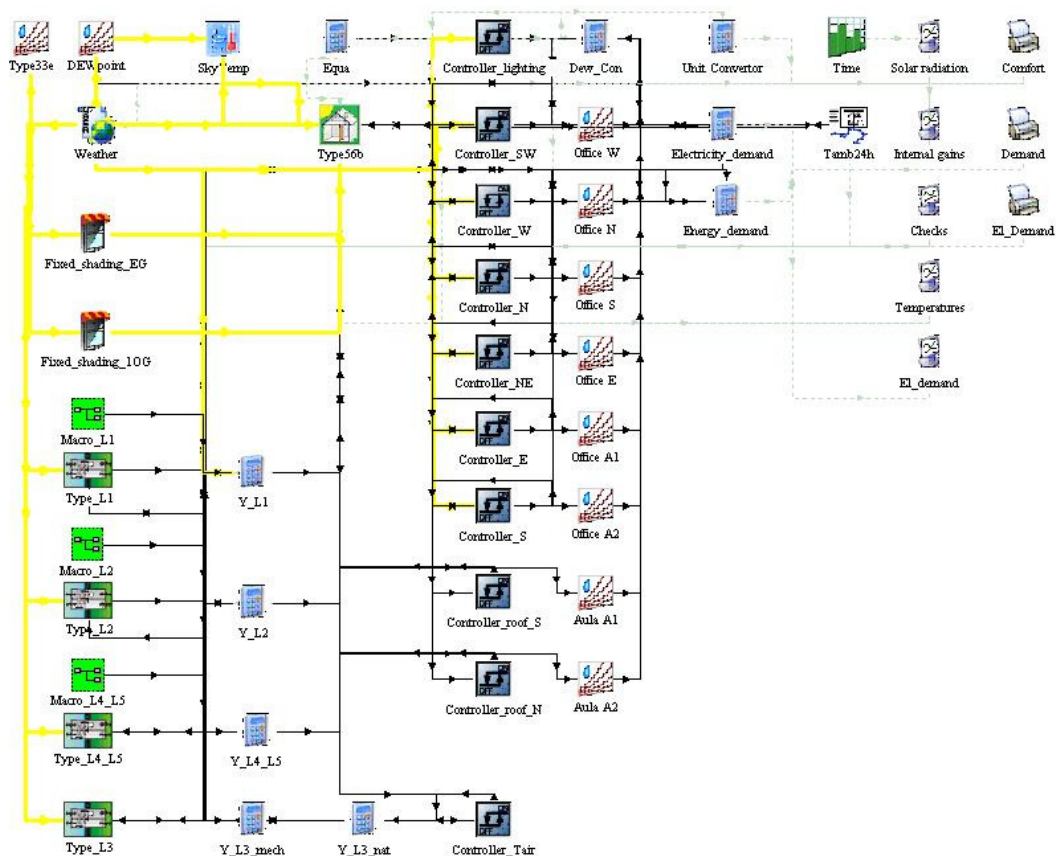
### 3.3. Gebäudesimulation als Werkzeug zur Berechnung des Energiebedarfs

#### 3.3.1 Einleitung

Als Simulationsprogramm wird das 1973 entwickelte und seitdem ständig weiter verbesserte TRNSYS 16 eingesetzt [9]. Mit dem Programm kann über eine Benutzeroberfläche ein Mehrzonen-Modell erstellt werden. Dieses wird an die Systemsimulation mit Wetterdatenleser, Lüftungsanlagen und Regelungskomponenten angebunden. Die Simulation wird mit dem Testreferenzjahr 12 für Kassel für ein Jahr in 15 Minutenschritten durchgeführt.

#### 3.3.2 Zonenbildung, Bauphysik und Nutzung

Die Geometrie des Gebäudes wird in die Simulation eingegeben. Das Gebäude wird entsprechend der Orientierung und der Nutzung in zwölf thermische Zonen eingeteilt, siehe Anhang 7.1. Weiterhin werden die konstruktiven Bauteile mit den Schichtenaufbauten des Gebäudes entsprechend den bauphysikalischen Randbedingungen eingegeben, siehe Bild 10. Dies gilt auch für die Sonnenschutzsysteme und die Nutzung des Gebäudes, siehe Bild 14 und Anhang 7.2.



**Bild 14. Simulationsmodell des Mustergebäudes.**

### 3.3.3 Anlagentechnik

Die Beheizung und Kühlung sowie Belüftung des Gebäudes wird entsprechend dem Mustergebäude eingegeben. Dadurch kann neben dem thermischen Komfort, der Nutzenergieverbrauch für Heizwärme, Kühlung, Lüftung und Beleuchtung ermittelt werden. Die Umrechnung des Nutzenergiebedarfs in den Endenergiebedarf erfolgt mit den folgenden Faktoren:

- Netzverluste Heizwärme: 10 %
- Jahresnutzungsgrad Niedertemperatur-Ölkessel: 90 %
- Jahresnutzungsgrad Brennwert-Ölkessel: 95 %
- Kältezahl Kompressionskälteanlage: 3,0

Die Umrechnung des End-Energiebedarfs in den Primärenergiebedarfs erfolgt mit den folgenden Faktoren entsprechend EnEV 2009:

- Öl / Gas: 1,1
- Strom: 2,7
- Biomasse: 0,2

## 4. ERGEBNISSE

### 4.1. Gesetzliche Energieeinsparverordnungen

#### 4.1.1 EnEV 2007

In Tabelle 1 sind die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung des Energiebedarfs von 194,8 kWh/(m<sup>2</sup>a) entsprechend der derzeit gültigen EnEV 2007 dargestellt.

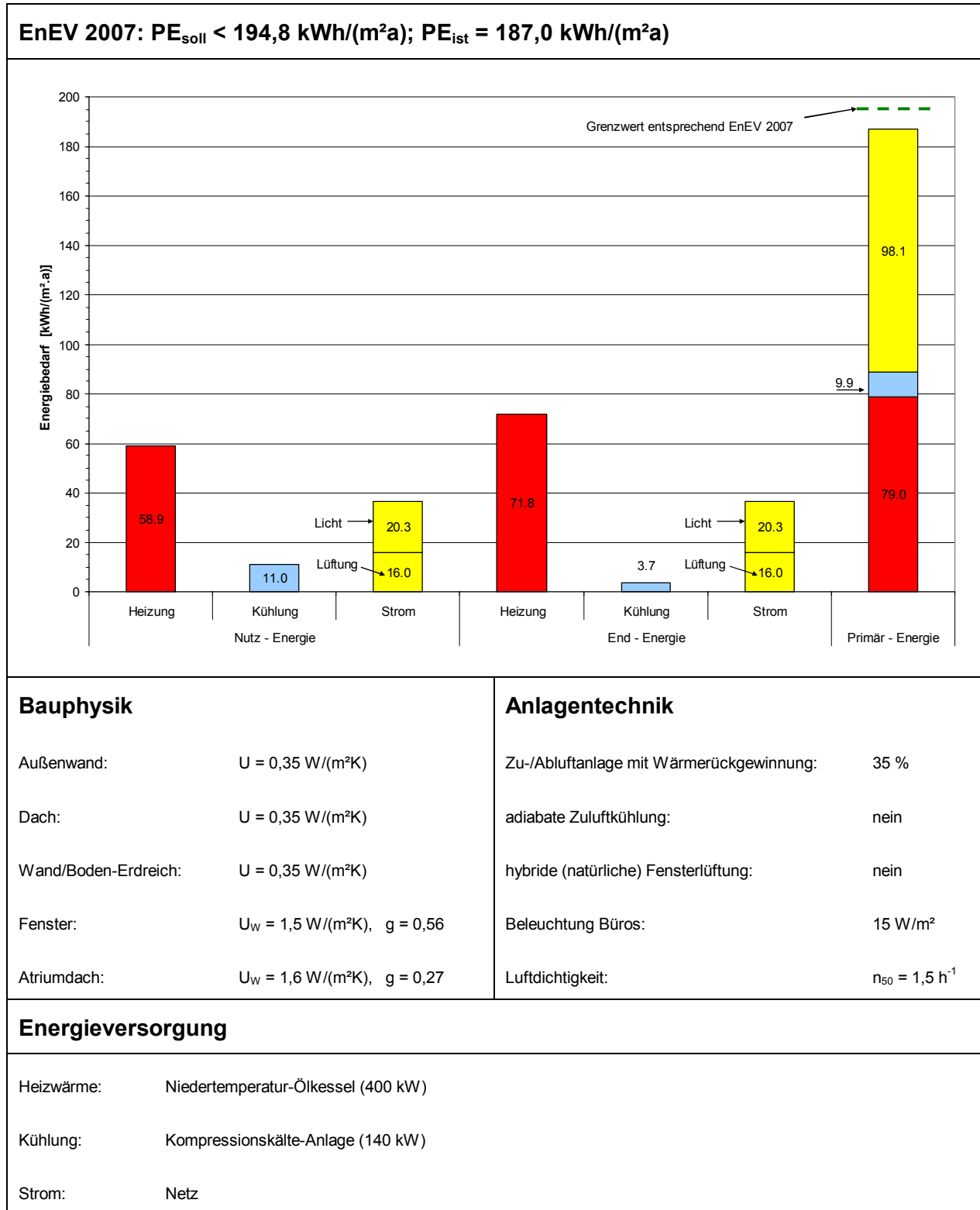
Die opaken Bauteile sind gemäß den maximal zulässigen mittleren U-Wert von 0,35 W/(m<sup>2</sup>K) gedämmt. Dies entspricht einer Dämmstärke von ca. 11 cm mit einem Dämmstoff der Wärmeleitgruppe WLG 040. Die Zweischeiben-Wärmeschutzverglasung in den Fassaden weist einen U<sub>W</sub>-Wert von 1,5 W/(m<sup>2</sup>K) und einen g-Wert von 0,56 auf. Die Sonnenschutzverglasung mit einem g-Wert von 0,27 im Atriumdach hat aufgrund der leichteren Fensterrahmenprofile einen geringeren U<sub>W</sub>-Wert von 1,6 W/(m<sup>2</sup>K). Die Luftdichtigkeit des Gebäudes entspricht mit einem n<sub>50</sub>-Wert von 1,5 h<sup>-1</sup> der DIN 4108 für Gebäude mit mechanischer Belüftung.

Für die Belüftung des Gebäudes wird eine Zu-/Abluftanlage mit einem Kreislaufverbundsystem mit geringer Effizienz (Wärmerückgewinnungsgrad: 35 %) eingesetzt. Die Zuluft wird auf 20 °C geheizt bzw. gekühlt. Eine hybride Lüftung, d.h. eine Deaktivierung der Lüftungsanlage bei moderaten Außenlufttemperaturen um Lüfterstrom einzusparen, ist nicht vorgesehen. Die Beleuchtung in den Büros weist eine notwendige elektrische Leistung von 15 W/m<sup>2</sup> auf, um 500 lux am Arbeitsplatz zu erreichen (Stand der Technik).

Das Gebäude wird mit Wärme über einen Niedertemperatur-Ölkessel (Jahresnutzungsgrad: 90 %, Primärenergiefaktor: 1,1) bzw. mit Kälte über eine Kompressionskältemaschine (COP: 3,0) versorgt. Die Stromversorgung erfolgt über das öffentliche Netz (Primärenergiefaktor: 2,7).

Mit den oben genannten Maßnahmen wird ein Primärenergiebedarf von 187 kWh/(m<sup>2</sup>a) erreicht und die Anforderungen gemäß der EnEV 2007 erfüllt.

**Tabelle 1. Notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Standards EnEV 2007.**



#### 4.1.2 EnEV 2009

In Tabelle 2 sind die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung des Energiebedarfs von 136,4 kWh/(m<sup>2</sup>a) entsprechend der derzeit zukünftigen EnEV 2009 (EnEV 2007 minus 30 %) dargestellt.

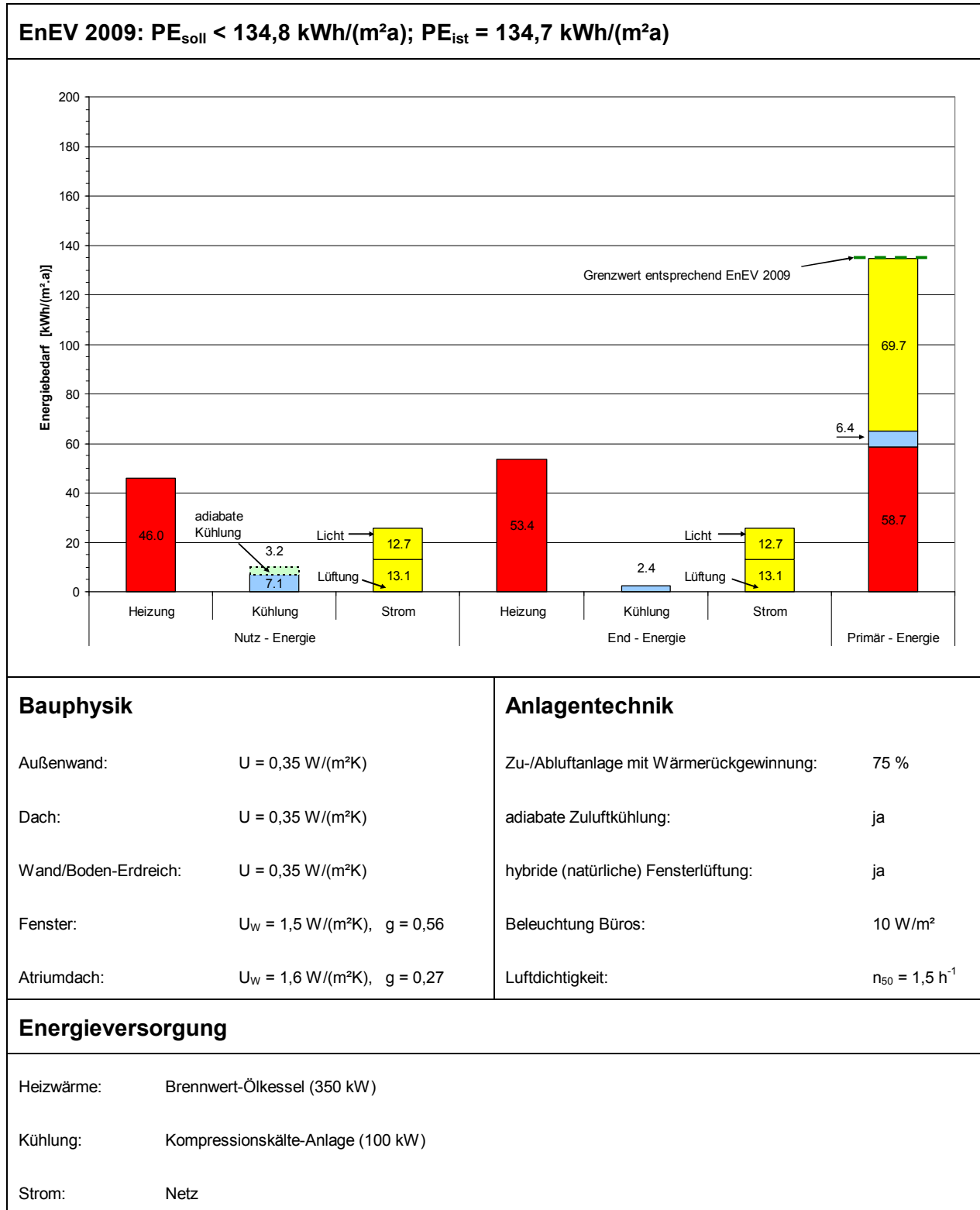
Die Dämm- und Verglasungskennwerte entsprechen den Maßnahmen, die im Mustergebäude nach EnEV 2007 getroffen wurden, siehe Tabelle 1.

Für die Belüftung des Gebäudes wird eine Zu-/Abluftanlage mit einem effizienten Wärmerückgewinnungssystem und einem Wärmerückgewinnungsgrad von 75 % eingesetzt (z.B.: Rotor). Die Zuluft wird auf 20 °C geheizt bzw. adiabatisch gekühlt. Die mechanische Lüftung wird bei moderaten Außenlufttemperaturen deaktiviert, um Lüfterstrom einzusparen (hybride Lüftung). Die Beleuchtung in den Büros weist eine hohe Effizienz von 10 W/m<sup>2</sup> bei einer Beleuchtungsstärke 500 lux auf.

Das Gebäude wird mit Wärme und Kälte über einen Brennwert-Ölkessel (Jahresnutzungsgrad: 95 %) bzw. mit einer Kompressionskältemaschine (COP: 3,0) versorgt. Die Stromversorgung erfolgt über das öffentliche Netz.

Mit den oben genannten Maßnahmen wird ein Primärenergiebedarf von 134,7 kWh/(m<sup>2</sup>a) erreicht und die Anforderungen der EnEV 2009 erfüllt.

**Tabelle 2. Notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Standards EnEV 2009.**





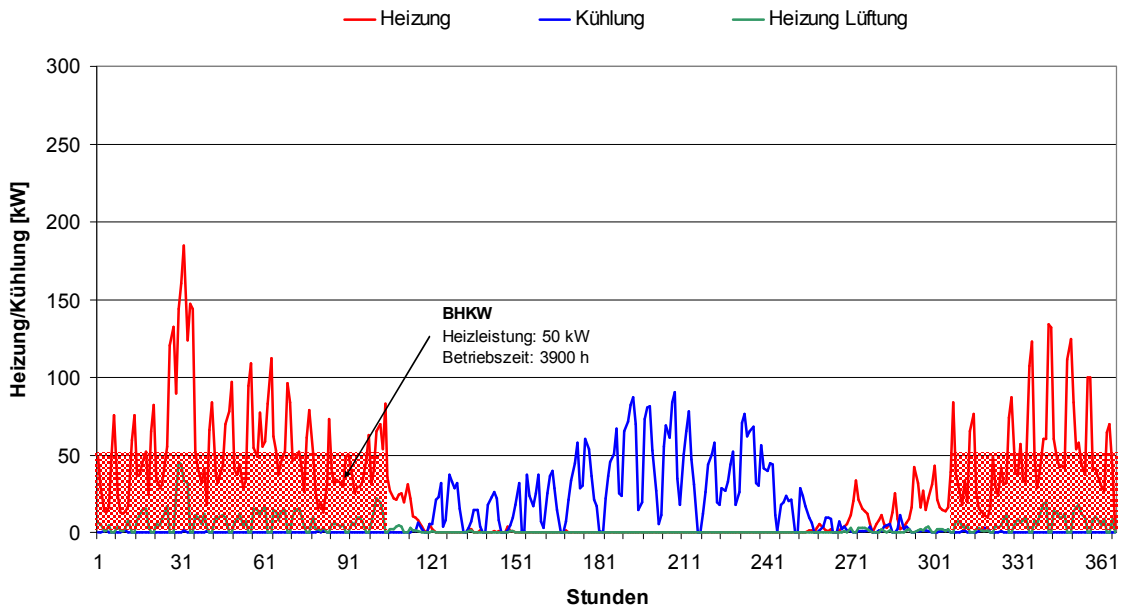
### 4.1.3 EnEV 2012 / EnBau mit Kraft-Wärme-Kopplung

In Tabelle 3 sind die Maßnahmen zur Erreichung des Energiebedarfs entsprechend EnEV 2012 dargestellt. Der Primärenergiegrenzwert von 95,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) (EnEV 2009 - 30 %) entspricht damit den Anforderungen des Forschungsprojekts EnBau (EnEV 2007 - 50 %).

Im ersten Schritt wurden die Dämmwerte der Fassade auf 0,23 W/(m<sup>2</sup>K) und des Dachs auf 0,16 W/(m<sup>2</sup>K) verbessert. Die U- und g-Werte der Fenster mit Zweischeibenverglasung entsprechen denen des Mustergebäudes in Tabelle 2.

Der Wärmerückgewinnungsgrad von 75 % der Lüftungsanlage entspricht einem Rotationswärme- oder Plattenwärmetauscher bzw. einem sehr gutem Kreislaufverbundsystem. Die adiabate Zuluftkühlung, das hybride Lüftungssystem und die effiziente Beleuchtungstechnik wurden beibehalten. Verbessert wurde die Luftdichtigkeit auf einen n<sub>50</sub>-Wert von 0,6 entsprechend Passivhausstandard. Dieser ist jedoch mit vertretbarem Aufwand zu erreichen, da aufgrund des günstigen A/V-Verhältnisses von Verwaltungsbauten die Luftundichtigkeiten weniger ins Gewicht fallen.

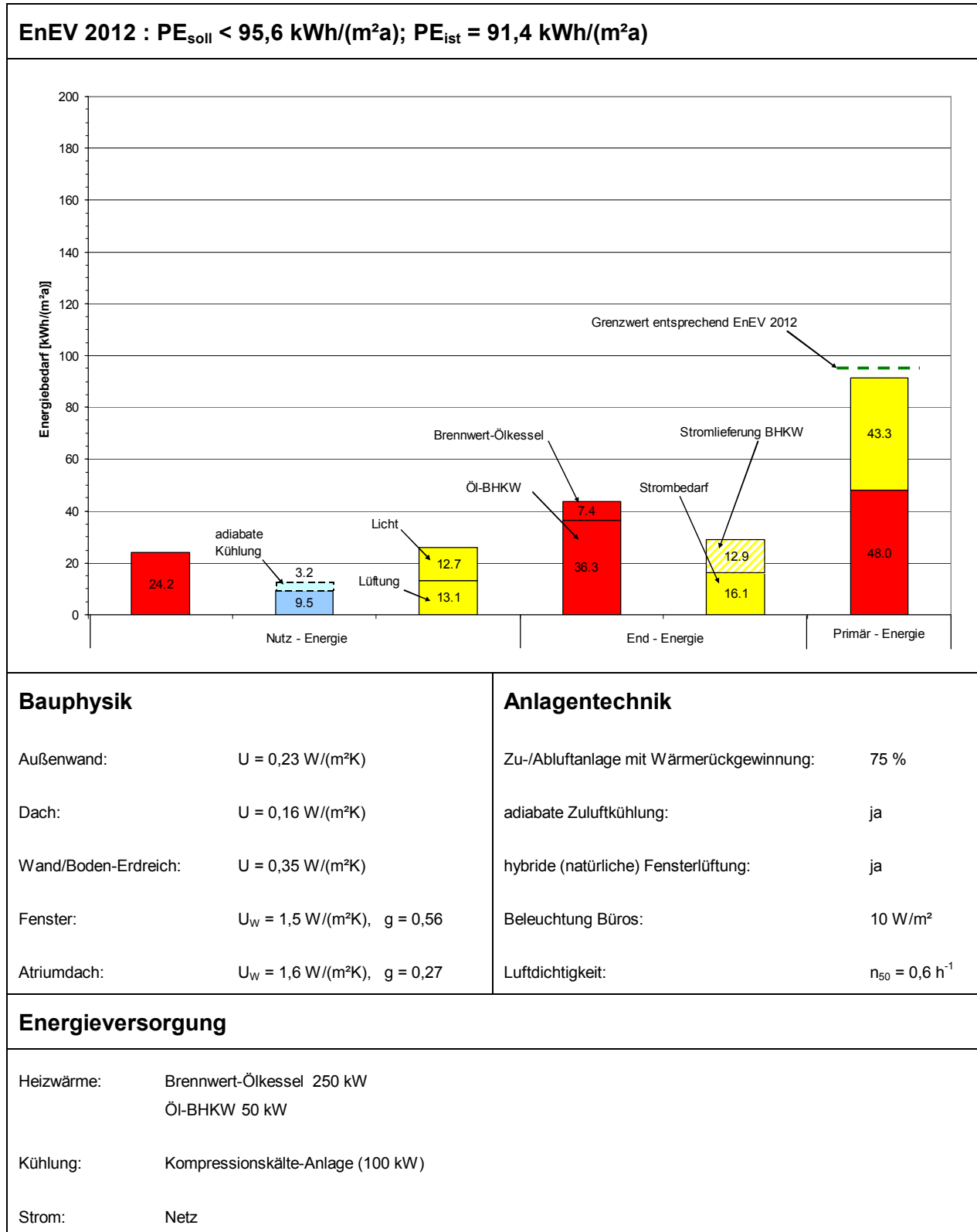
Der maximale Primärenergiekennwert entsprechend EnEV 2012 von 95,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) kann entweder mit einer weiteren Verbesserung der Dämmung auf Passivhausstandard erreicht werden (siehe Kapitel 4.2.1) oder mit aufwändigerer Anlagentechnik, z.B.: durch den Einsatz eine Öl-BHKWs (Jahresnutzungsgrad: 85 %), siehe Bild 15. Dieses wurde für eine lange Laufzeit auf eine thermische Leistung von 50 kW<sub>th</sub> und eine elektrische Leistung von 36 kW<sub>el</sub> ausgelegt. Die Laufzeit beträgt 3900 Stunden pro Jahr.



**Bild 15. Auslegung des BHKWs anhand der Heizlast des Gebäudes.**

Durch die Stromgutschrift ergibt sich ein Primärenergiebedarf von 91,3 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit dem die Anforderung der EnEV 2012 unterschritten wird.

**Tabelle 3. Notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Standards EnEV 2012.**



#### 4.1.4 EnEV 2012 / EnBau mit Biomasseverbrennung

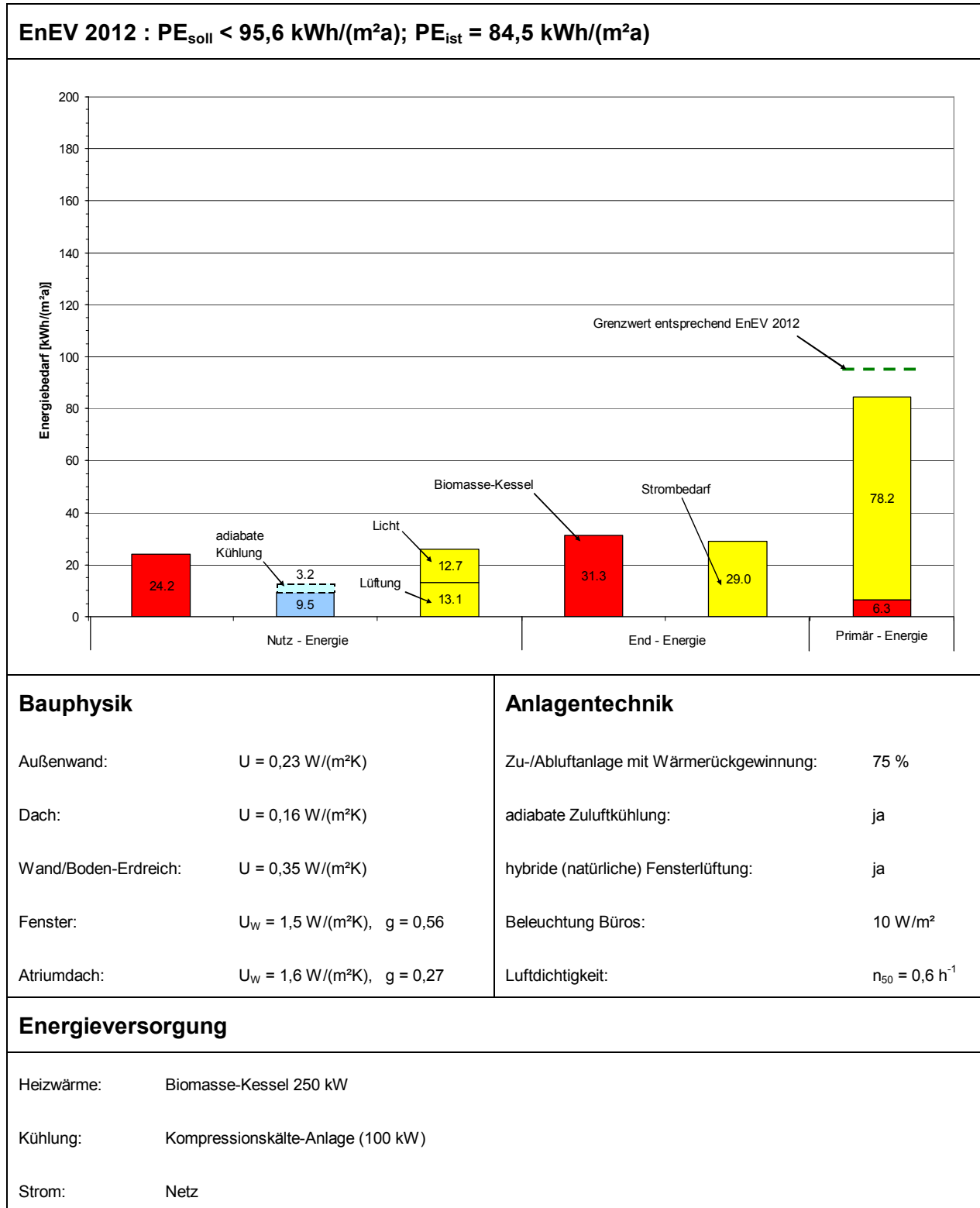
In Tabelle 4 sind die Maßnahmen zur Erreichung des Energiebedarfs entsprechend EnEV 2012 dargestellt. Das Mustergebäude weist die gleiche Bauphysik und Anlagentechnik wie die in Tabelle 3 dargestellte Variante mit Kraft-Wärme-Kopplung. Wärmequelle in dieser Variante ist ein Biomassekessel (z.B.: Holzpellet- oder Holzhackschnittel) als regenerative Energiequelle für die Beheizung des Gebäudes, siehe Bild 16. Aufgrund des sehr geringen Primärenergiefaktors für Holz von 0,2 ergibt sich ein geringer Primärenergiebedarf für Heizung von 6,3 kWh/(m<sup>2</sup>a) bzw. eine Unterschreitung des Grenzwerts entsprechend EnEV 2012 mit insgesamt 84,5 kWh/(m<sup>2</sup>a).



**Bild 16. Holzpelletofen in einem Verwaltungsgebäude der Firma JUWI [Quelle: [www.solarserver.de](http://www.solarserver.de)].**

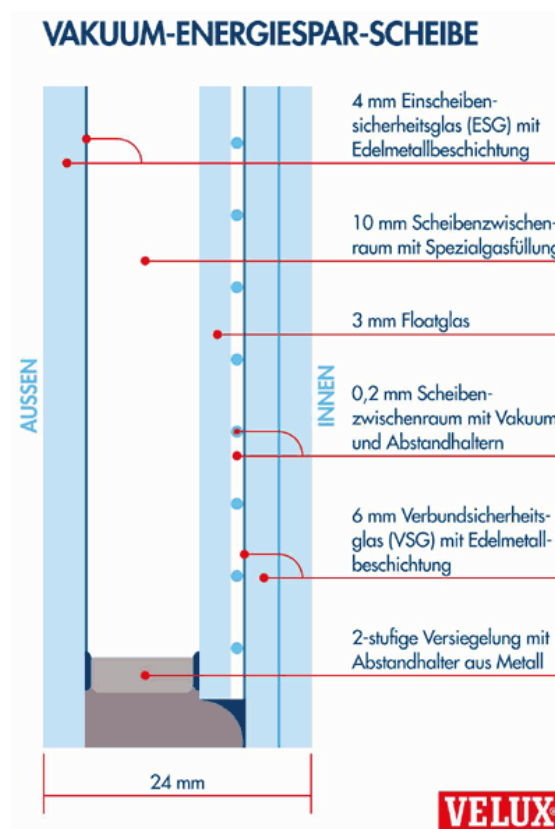
Für diese Art der Heizwärmeversorgung ist zu beachten, dass aufgrund der geringeren Energiedichte des Energieträgers Holz im Vergleich zu Öl eine aufwändigere Vorratshaltung notwendig ist. Weiterhin ist auf die Feinstaubproblematik gerade in Ballungsräumen hinzuweisen.

**Tabelle 4. Notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Standards EnEV 2012.**



#### 4.1.5 „EnEV 2020“

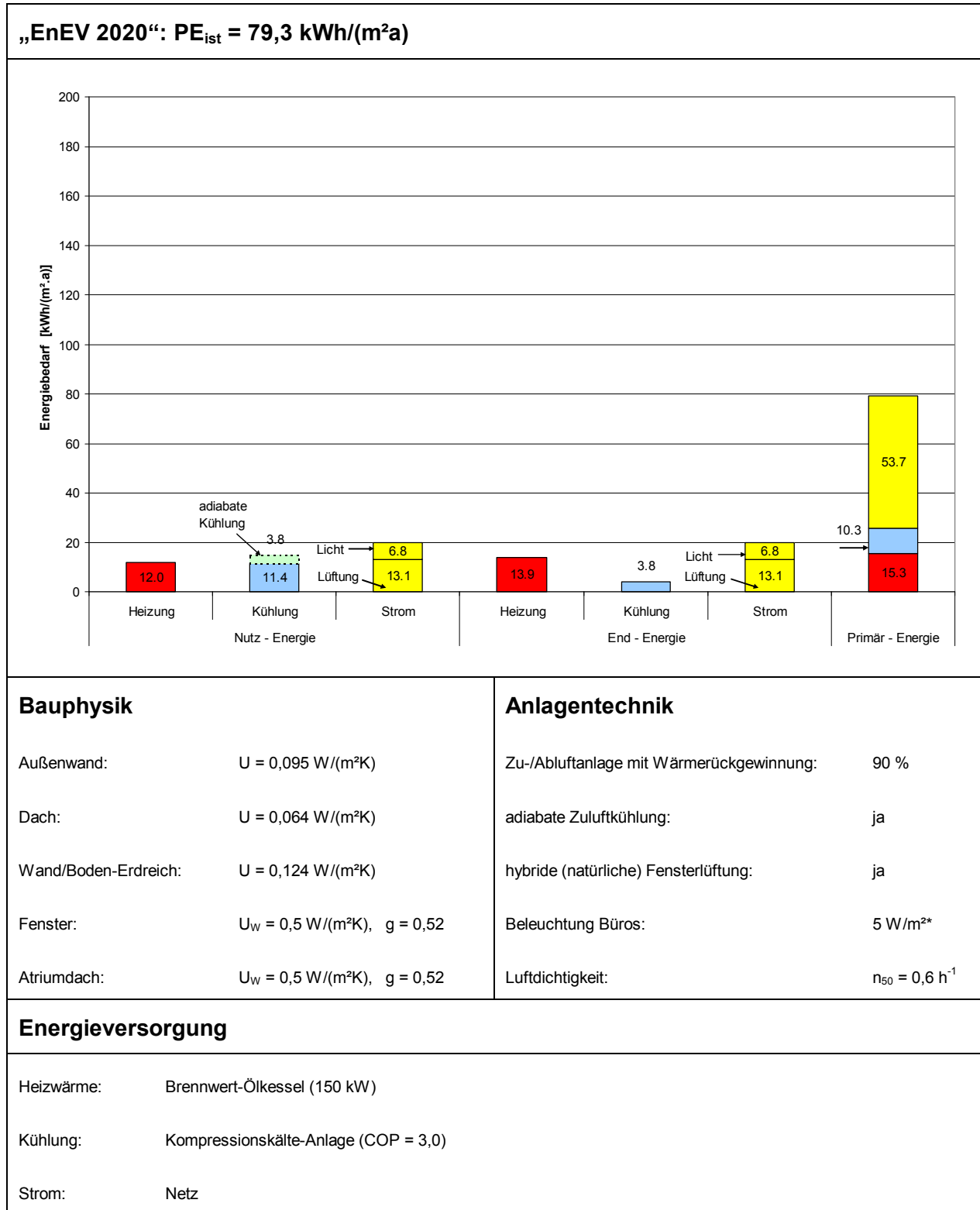
In Tabelle 5 ist der Energiebedarf des Mustergebäudes mit extremen Dämmstärken und für Maßnahmen dargestellt, die in Zukunft technisch umsetzbar sein werden. U-Werte von unter  $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  werden schon heute bei Passivhäusern erreicht, allerdings mit Dämmstärken, die zu einem hohen Verlust an Bürofläche führen bzw. die Anmutung der Fassade negativ beeinflussen. Es ist allerdings schon heute absehbar, dass durch die Entwicklung von neuen Dämmstoffen (z.B.: Vakuum-Isolierpaneelen) mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit in Zukunft sehr niedrige U-Werte mit vertretbarem Aufwand erreicht werden können. Das gleiche gilt für Verglasungen (z.B.: Vakuum-Verglasung, siehe Bild 17).



**Bild 17. Aufbau einer Vakuum-Isolierverglasung [Quelle: Velux].**

Der Energiebedarf und die Kühllasten durch die Beleuchtung werden in Zukunft durch den Einsatz von LED-Leuchtmitteln voraussichtlich um 50 % sinken. Dies führt trotz der besser Dämmung aufgrund der reduzierten inneren Wärmegewinne zu einem etwas höheren Nutz-Heizwärmebedarf im Vergleich zum Passivhaus. Die Gesamtenergieeffizienz ist jedoch mit  $79,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  niedriger als beim Passivhaus.

**Tabelle 5. Extreme Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs.**



\* Durch den Einsatz einer um 50 % effizienteren Beleuchtung der Büros steigt der Heizwärmebedarf im Vergleich zum Passivhaus trotz eines besseren Wärmeschutzes.

## 4.2. Freiwillige Gebäude-Energiestandards

### 4.2.1 Passivhausstandard für Verwaltungsgebäude

Im Gegensatz zur Energieeinsparverordnung bezieht sich der Passivhaus-Grenzwert nicht auf den Primärenergiebedarf, sondern auf einen maximalen Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), siehe Tabelle 6.

Um diesen zu erreichen, wurden die für das Passivhaus üblichen Dämmstärken von 30 cm in der Fassade, 40 cm auf dem Dach und 20 cm für erdberührte Bauteile für das Musterhaus eingesetzt. Es wurden Dreifach-Passivhausfenster mit einem  $U_w$ -Wert von 0,8 W/m<sup>2</sup>K und einem g-Wert von 0,52 für die Fenster in der Fassade und das Atriumdach eingesetzt. Insbesondere beim Atriumdach ergibt sich aufgrund des hohen Gewichts der Verglasungen eine aufwändige Dachkonstruktion. Weiterhin wird der Wärmerückgewinnungsgrad der Lüftungsanlage auf 80 % erhöht.

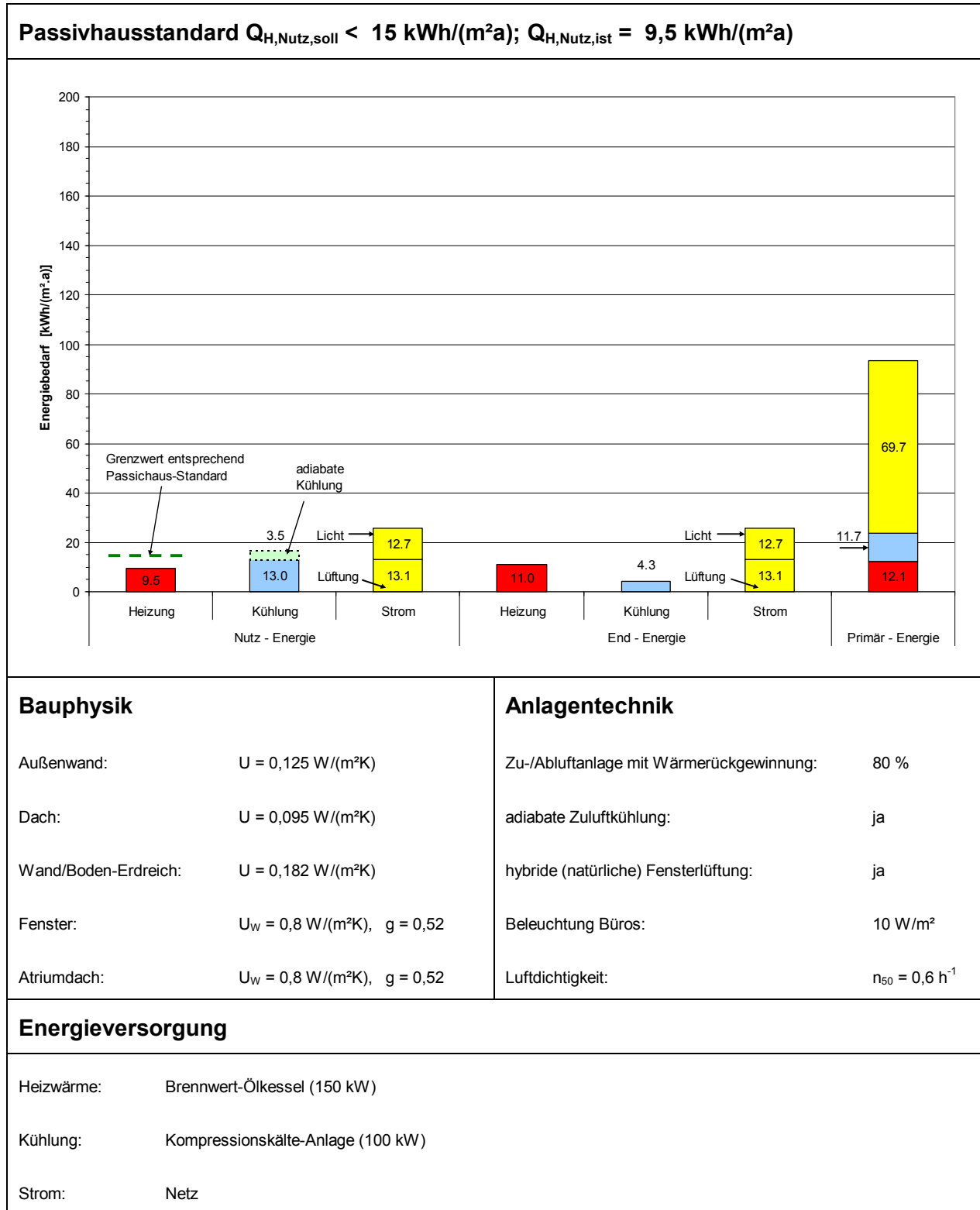


**Bild 18. Passivhaus-Verwaltungsgebäude in Ulm [© Software AG Stiftung]**

Neben der Verbesserung des Wärmeschutzes und des Wärmerückgewinnungsgrads der Lüftungsanlagen wurden keine weiteren Maßnahmen zur Verbesserung der Gesamtenergieeffizienz umgesetzt.

Es wird ein Primärenergiebedarf von 93,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) erreicht und damit der Grenzwert entsprechend EnEV 2012 von 95,6 kWh/(m<sup>2</sup>a) unterschritten. D.h. Büro Neubauten ohne Fernwärmeanschluss müssen ab 2012 entweder einen sehr guten Wärmedämmstandard (Passivhaus) anstreben oder regenerative bzw. rationelle Energieversorgungssysteme einsetzen.

**Tabelle 6. Notwendige Maßnahmen zur Erreichung des Passivhaus-Standards.**

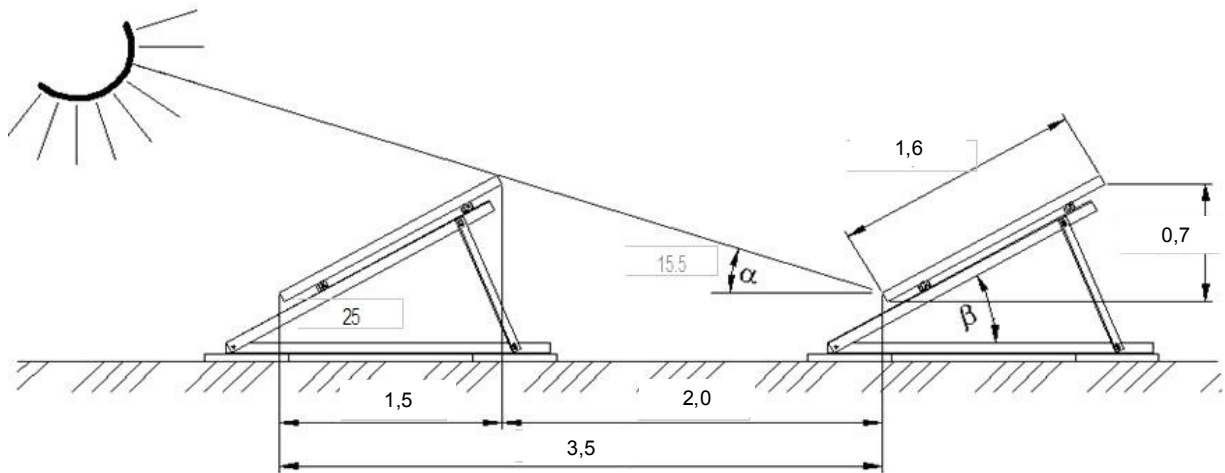




#### 4.2.2 Nullenergie-Gebäude (Biomasseofen und PV-Anlage)

In Tabelle 7 sind die Maßnahmen zur Erreichung des Nullenergie-Standards auf Basis der Variante EnEV 2012 mit Biomassekessel dargestellt. Um den Primärenergiebedarf von 84,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) mit einer Stromgutschrift aus erneuerbaren Energien auszugleichen, wird eine Photovoltaikanlage dimensioniert.

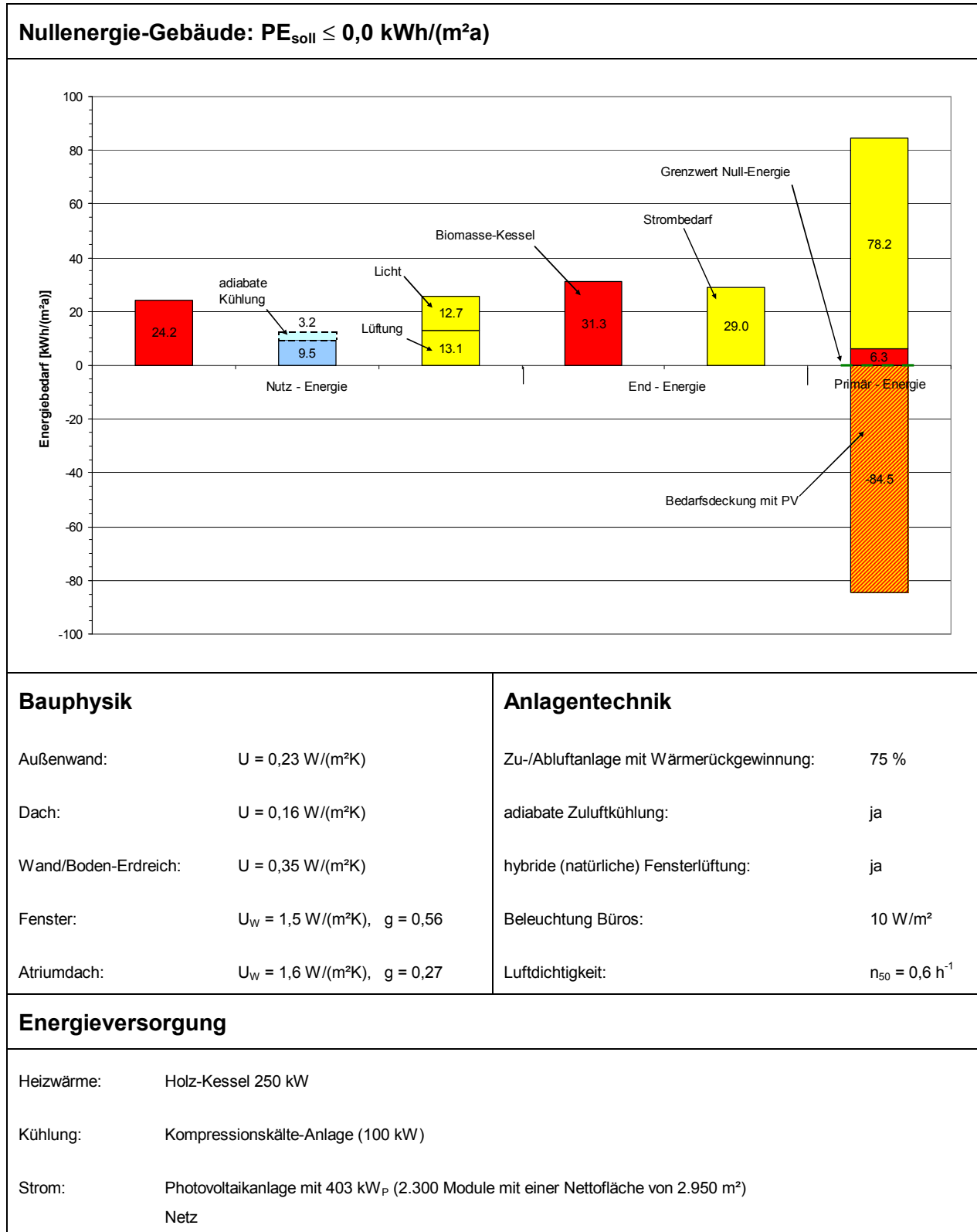
Diese muss einen jährlichen Ertrag von  $84,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 10\,867 \text{ m}^2 : 2,7 = 340 \text{ kWh/a}$  erreichen. Dazu ist eine Photovoltaikanlage mit einer Bruttofläche von ca. 8.500 m<sup>2</sup> notwendig. Sie besteht aus insgesamt 2.300 Modulen mit einer Nettofläche von 2.950 m<sup>2</sup> und einer Leistung von 403 kW<sub>P</sub>, siehe Bild 19.



**Bild 19. Für den Standort Kassel optimierte PV-Anlage.**

Die Dachfläche des Mustergebäudes kann natürlich nur einen Bruchteil der Photovoltaikanlage aufnehmen. Die Anlage muss entweder auf einem benachbarten Gebäude mit einer entsprechenden Dachfläche aufgestellt werden (z.B.: Produktionshalle) oder auf einer Brachfläche.

**Tabelle 7. Nullenergie-Gebäude mit Biomasseofen und Photovoltaikanlage.**



#### 4.2.3 Nullenergie-Gebäude (Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen + PV-Anlage)

Ausgehend von der Variante des Nullenergie-Gebäudes mit Biomasseofen und Photovoltaikanlage wurde aufgrund der sehr großen Photovoltaikanlage eine weitere Variante mit einem zusätzlichen Pflanzenöl-BHKW konzipiert, siehe Tabelle 8.

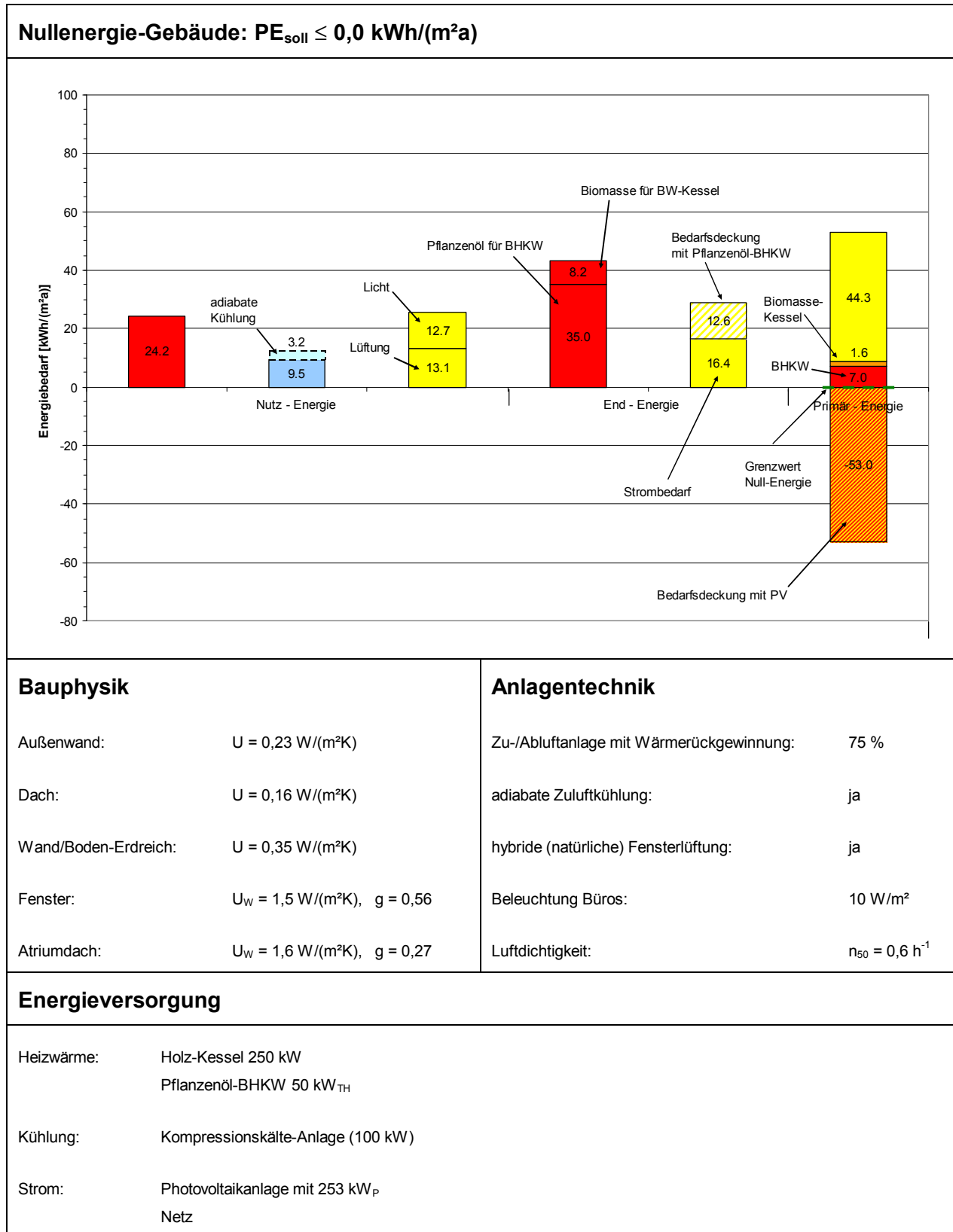
Für eine hohe Laufzeit wird das Pflanzenöl-BHKW auf die thermische Grundlast des Gebäudes von 50 kW ausgelegt, siehe auch Bild 15.



**Bild 20. Pflanzenöl-BHKW [Quelle: [www.linaro.de](http://www.linaro.de)].**

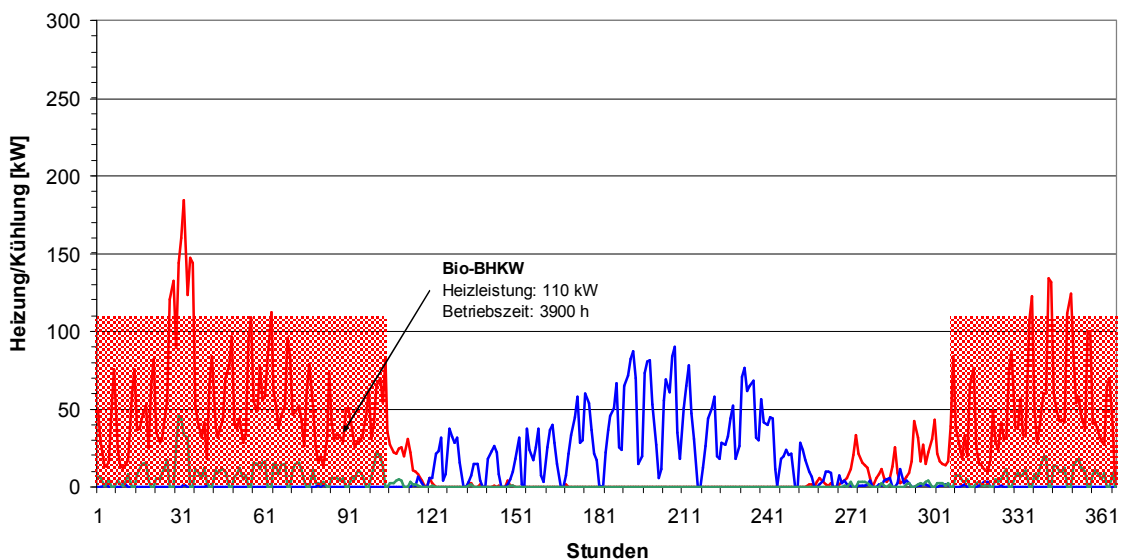
Als Spitzenlastkessel dient ein Biomassekessel. Der Primärenergiebedarf verringert sich mit den vorgenannten Maßnahmen auf insgesamt 53 kWh/(m<sup>2</sup>a). Die Photovoltaikanlage muss demnach einen solaren Ertrag von  $53,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) \cdot 10\,867 \text{ m}^2 : 2,7 = 213 \text{ kWh/a}$  erbringen. Dazu ist eine PV-Anlage (253 kW<sub>P</sub>) mit einer Bruttofläche von 5.314 m<sup>2</sup> und einer Modulfläche von 1.848 m<sup>2</sup> erforderlich.

**Tabelle 8. Nullenergie-Gebäude mit Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen + Photovoltaikanlage.**



#### 4.2.4 Nullenergiehaus (überdimensioniertes Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen)

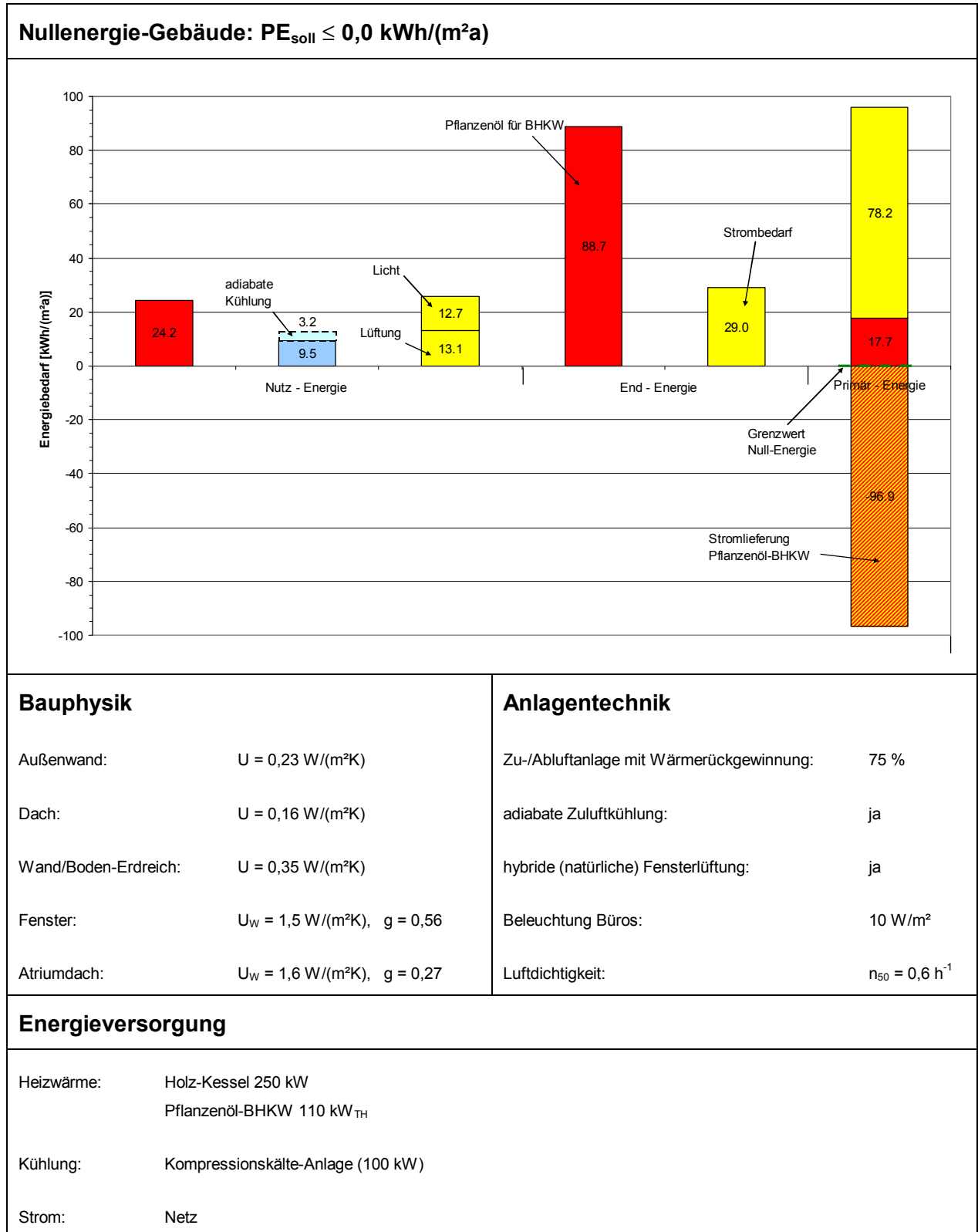
Auch durch den kombinierten Einsatz von Pflanzenöl-BHKW und Biomasseofen beträgt die Nettofläche der PV-Anlage 1.848 m<sup>2</sup>. Da bei den meisten Bürogebäuden eine solche Fläche nicht zur Verfügung steht, wird in dieser Variante das Pflanzenöl-BHKW so groß dimensioniert, dass der vom BHKW erzeugte Strom den Primärenergiebedarf von 96,9 kWh/(m<sup>2</sup>a) ausgleicht, siehe Tabelle 9. Die thermische Leistung des BHKWs ist dann so groß, dass ein Teil der Wärme an die Umgebung abgeführt werden muss, siehe Bild 15.



**Bild 21. Auslegung des Pflanzenöl-BHKWs anhand der Heizlast des Gebäudes.**

Es ist offensichtlich, dass die Überdimensionierung des Pflanzenöl-BHKWs zu Lasten der Wirtschaftlichkeit der Energieversorgung geht. Es ist daher ökonomisch wie ökologisch sinnvoll, in der Nähe des Gebäudes einen Wärmeabnehmer für die überschüssige Wärme zu suchen.

**Tabelle 9. Nullenergie-Gebäude mit Pflanzenöl-BHKW + Biomasseofen.**



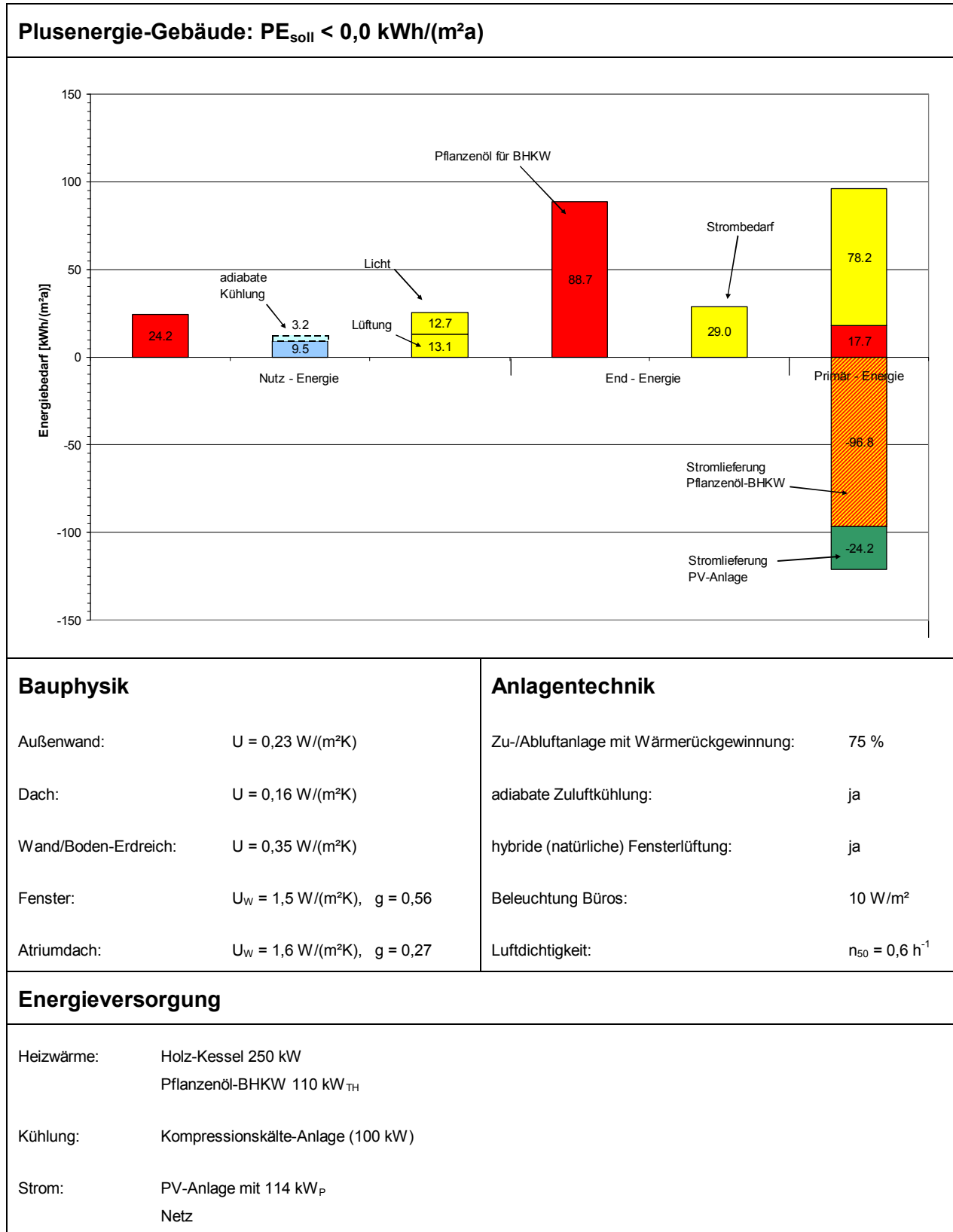
#### 4.2.5 Plus-Energiegebäude

Auf der Basis der in Kapitel 4.2.4 dargestellten Dimensionierung für ein Nullenergie-Gebäude mit Pflanzenöl-BHKW und Biomassekessel wird im Folgenden ein Plusenergie-Gebäude konzipiert, siehe Tabelle 10.

Der Mehrertrag an Primärenergie wird willkürlich auf 25 % des Primärenergiebedarfs von 95,5 kWh/(m<sup>2</sup>a) festgesetzt: 24,2 kWh/(m<sup>2</sup>a). Der Mehrertrag wird durch eine Photovoltaikanlage mit einer Nettofläche von 837 m<sup>2</sup> und einer Spitzenleistung von 114 kW<sub>p</sub> erbracht. Da der Primärenergieüberschuss beim Plusenergiegebäude nicht festgelegt ist, kann die Fläche der PV-Anlage so variiert werden, dass diese auf die Dachfläche bzw. die Fassade passt. Der Primärenergie-Mehrertrag variiert dann entsprechend.

Selbstverständlich kann anstatt einer PV-Anlage auch das Pflanzenöl-BHKW weiter überdimensioniert werden, wenn entsprechende Wärmeabnehmer in der Nähe des Gebäudes sind.

**Tabelle 10. Plus-Gebäude mit Pflanzenöl-BHKW, Biomasseofen und PV-Anlage.**





## 5. ZUSAMMENFASSUNG - MAßNAHMENMATRIX

In Bild 22 sind die bauphysikalischen und anlagentechnischen Maßnahmen zusammengefasst die in dem Mustergebäude getroffen werden mussten, um verschiedene Energiestandards zu erreichen. Bei den eingesetzten Techniken wurde darauf geachtet, dass sich diese auf beliebige Standorte in Deutschland übertragen lassen. Das bedeutet, dass für die Kühlung des Gebäudes beispielsweise oberflächennahe Geothermie nicht weiter untersucht wurde, da diese wegen der zunehmenden Bodenerwärmung insbesondere in Ballungsgebieten nicht genutzt werden darf.

Die Anforderungen der derzeit gültigen EnEV 2007 sind bei Bürogebäuden mit moderaten Fensterflächenanteilen (< 50 %) problemlos mit heute üblichen Dämmstärken und Verglasungen zu erreichen. Bezüglich der technischen Anlagen ist eine Lüftungsanlage mit einem verhältnismäßig geringen Wärmerückgewinnungsgrad und ein Niedertemperatur-Ölkessel ausreichend. Für die Erfüllung der neuen EnEV 2009 muss bei ansonsten gleichen Voraussetzungen lediglich eine Wärmerückgewinnung mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 75 % und eine effizientere Beleuchtung eingesetzt werden.

Um die Anforderungen der EnEV 2012 zu erfüllen, ist ein größerer Aufwand beim baulichen Wärmeschutz und bei der Effizienz der technischen Geräte zu treiben. Die alleinige Verbesserung der Wärmedämmung ist nicht ausreichend. Eine Möglichkeit ist das Gebäude mit einem Öl-BHKW zu betreiben und den erzeugten Strom dem Gebäude primärenergetisch gutzuschreiben. Die zweite Möglichkeit besteht darin, das Gebäude mit einem Biomasseofen (z.B.: Holzpellets) zu beheizen und den niedrigen Primärenergiefaktor der Biomasse auszunutzen.

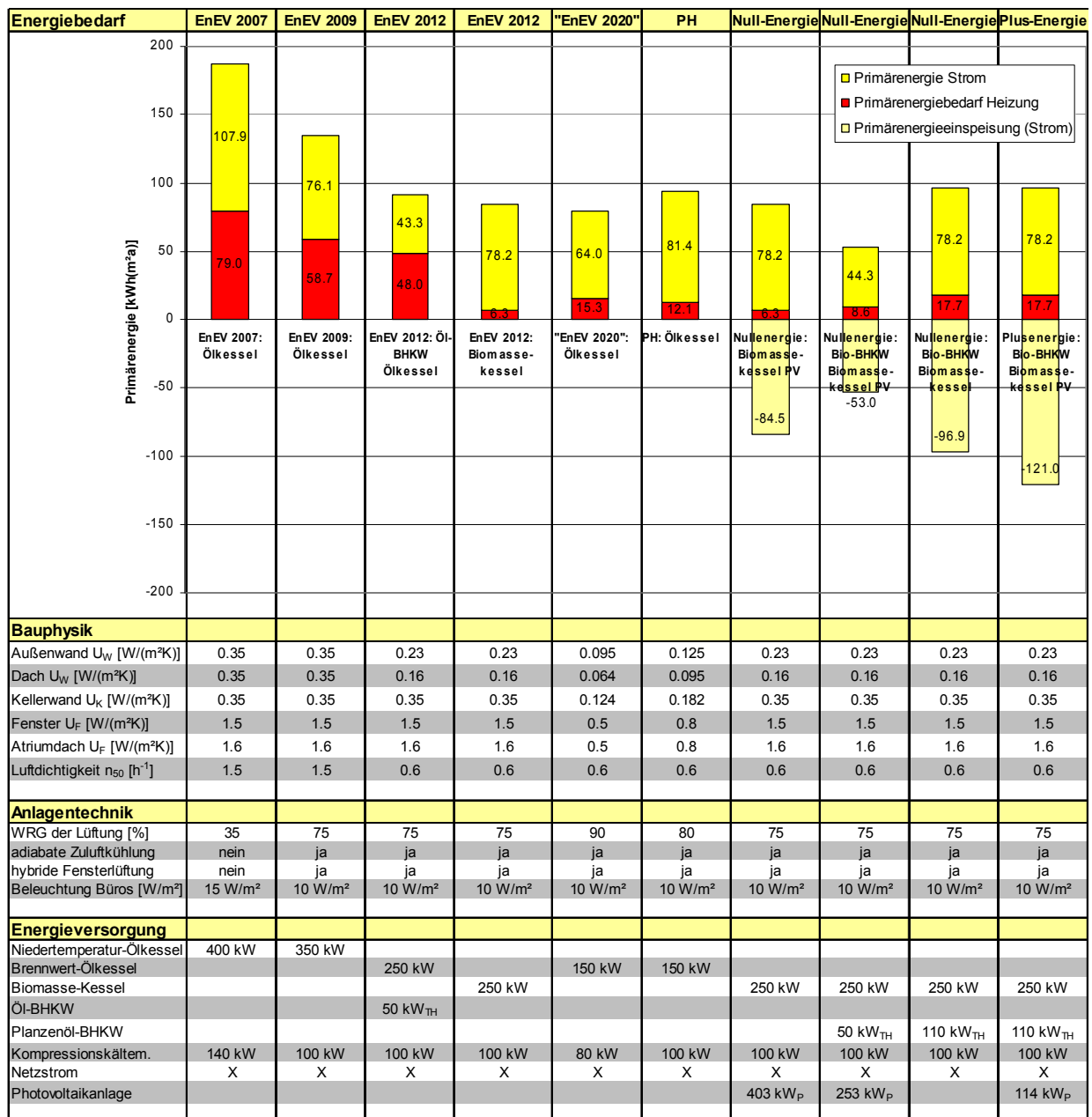
Darüber hinaus wurde eine hypothetische „EnEV 2020“ mit Dämmstärken und Wirkungsgraden der technischen Anlagen umgesetzt, die heute schon technisch möglich, aber noch nicht in der Baupraxis zu finden sind. Auf der Energieversorgungsseite wurde der Brennwert-Ölkessel beibehalten. Es wird deutlich, dass Primärenergieeinsparungen ab einem gewissen Wärmeschutz leichter auf der Versorgungsseite als auf der Bedarfsseite zu realisieren sind. Das gleiche gilt für den Passivhausstandard im Verwaltungsbau. Der Anteil des Heizwärmebedarfs am Primärenergiebedarf eines Bürogebäudes ist verhältnismäßig gering, so dass Einsparungen auf der Wärmeseite nur noch geringe Auswirkungen auf die Gesamtenergieeffizienz des Gebäudes haben.

Daher wurden die Nullenergie-Gebäude auf der Basis des Gebäudes entsprechend EnEV 2012 konzipiert und das Hauptaugenmerk auf die Energieversorgung gelegt. Im ersten Schritt wurde das Gebäude mit einem Biomasseofen zur Deckung des Heizwärmebedarfs kombiniert. Der verbleibende Primärenergiebedarf wird über die Stromeinspeisung einer Photovoltaikanlage mit 403 kW<sub>p</sub> gedeckt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die notwendige PV-Fläche von 2.950 m<sup>2</sup> nicht auf dem Dach des Gebäudes untergebracht werden kann. Es müssen daher entsprechende Flächen auf benachbarten Gebäuden oder für eine freie Aufstellung auf einer Freifläche vorhanden sein.

In einem zweiten Schritt wurde das Gebäude mit einem Pflanzenöl-BHKW und einem Biomasseofen kombiniert. Durch die Verrechnung des eingespeisten Stroms mit dem Bedarf

ergibt ein insgesamt geringerer Primärenergiebedarf, der über die PV-Anlage gedeckt werden muss. Dennoch ist eine 253 kW<sub>P</sub> Anlage mit einer Nettofläche von 1.848 m<sup>2</sup> notwendig.

Um von den extrem großen PV-Feldern wegzukommen, wurde in einer dritten Variante das Pflanzenöl-BHKW so groß dimensioniert, dass der ins Netz eingespeiste primärenergetische bewertete Strom den Primärenergiebedarf deckt. Allerdings kann in diesem Fall nicht die gesamt im BHKW erzeugte Wärme an das Gebäude abgegeben werden. Die Abwärme muss daher entweder an die Umgebung ungenutzt abgegeben werden oder das BHKW wird an eine Wärmeversorgung der benachbarten Gebäude angeschlossen.



**Bild 22. Maßnahmenkatalog für verschiedene Energiestandards.**

Das Plusenergie-Gebäude wurde auf der Basis der vorgenannten Variante mit überdimensioniertem Pflanzenöl-BHKW konzipiert. Um den notwendigen Primärenergieüberschuss zu produzieren, wurde zusätzlich eine PV-Anlage mit einer Leistung von 114 kW<sub>p</sub> eingeplant. Da im Plusenergie-Gebäude die Höhe des primärenergetischen Überschusses nicht festgeschrieben ist, kann die Größe der PV-Anlage an die Größe der verfügbaren Dach- oder Fassadenfläche angepasst werden.

## Fazit

Bis zur EnEV 2009 wird kein grundsätzliches Umdenken bei der Planung von Büro- und Verwaltungsgebäuden notwendig sein. Es können die bisher eingesetzten Technologien und Planungsstrategien angewandt werden, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen. Ab der EnEV 2012 ist zu beachten, dass auf der Verbrauchsseite eine sehr gute Dämmung (Passivhaus-Standard) und eine hohe Energieeffizienz angestrebt oder das Gebäude mit einem konventionellen BHKW (Gas/Öl) bzw. einem Biomasseofen kombiniert werden muss.

Derzeit gibt es auf Seiten der Regierung bzw. in der Fachöffentlichkeit die Diskussion, ob mittelfristig der Nullenergiestandard für Neubauten eingeführt werden sollte. Im Rahmen dieser Untersuchung hat sich gezeigt, dass die zur Erreichung dieses Standards notwendigen Photovoltaikflächen bei weitem die potenzielle Dach- bzw. Fassadenfläche des Gebäudes übersteigt. Falls keine großen Flächen auf Nachbargebäuden oder Freiflächen zur Verfügung stehen, wird man diesen Standard nur in Kombination mit einem Pflanzenöl-BHKW erreichen. Um den Primärenergiebedarf mit der Stromgutschrift auszugleichen, muss dieses so groß dimensioniert werden, dass Nachbargebäude mit Wärme mitversorgt werden können.

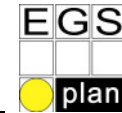
Der Schritt vom Null- zum Plusenergie-Gebäude ist dann nur noch ein kleiner: der für die positive Primärenergiebilanz notwendige zusätzliche Stromertrag kann von einer Dach- oder Fassadenintegrierten Photovoltaikanlage erzeugt werden, welche auf die Größe des Gebäudes angepasst ist.

## 6. LITERATUR

- [1] Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23, ausgegeben zu Bonn am 30. April 2009.
- [2] <http://www.enev-online.de/enev/index.htm>
- [3] <http://www.enob.info/>
- [4] DIN EN ISO 7730 (Entwurf): Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit. Beuth Verlag, Berlin, 2003.
- [5] DIN 1946, Teil 2: Raumluftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln). Beuth Verlag, Berlin, 1994.
- [6] Feist, Wolfgang: Passivhaus Definition, [http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus\\_D/Passivhaus\\_Definition.html](http://www.passivhaustagung.de/Passivhaus_D/Passivhaus_Definition.html)
- [7] Voss, Carsten; Kramp, Miriam: Nullenergie-/Nullemissionsgebäude, Wuppertal, 2007
- [8] Sobek, Werner: Triple Zero®, 2009
- [9] Klein, S.A., Beckmann, W.A., Duffie, J.A., TRNSYS – A Transient System Simulation Program, Program Manual, Version 16, Solar Energy Laboratory Madison, University of Wisconsin, USA, Februar 2000

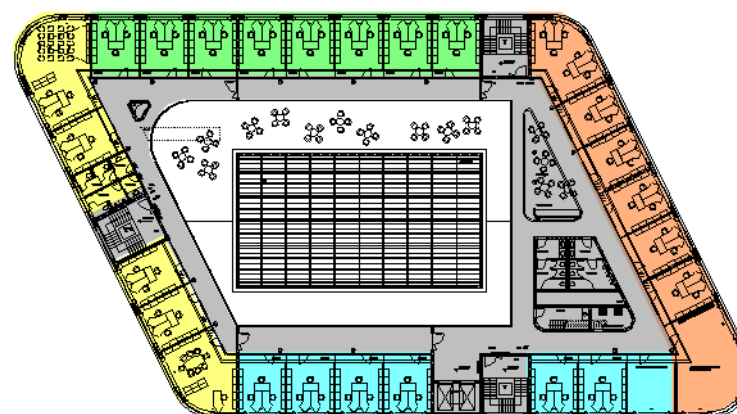
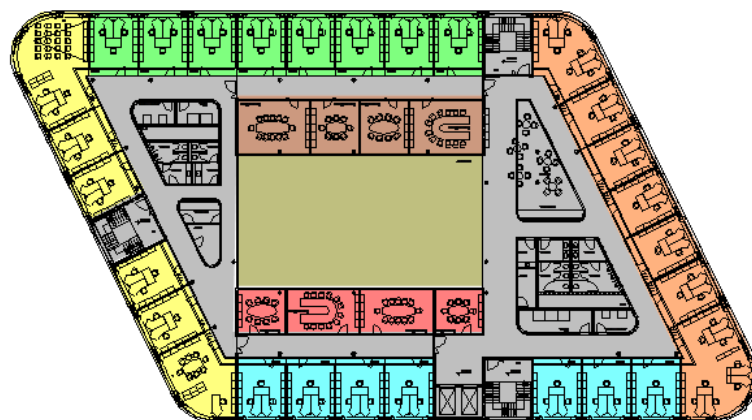
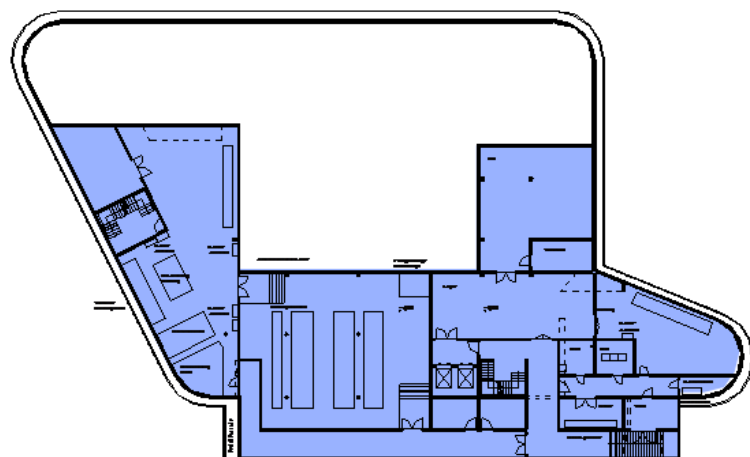
Projekt-Nr.: E08337  
Projekt-Name: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

---



## 7. ANHANG

## 7.1. Nutzungszonen



- |                           |                         |                         |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Zone 1 ... Technikflächen | Zone 5 ... Vortragsraum | Zone 9 ... Büro         |
| Zone 2 ... Empfang        | Zone 6 ... Korridor     | Zone 10 ... Büro        |
| Zone 3 ... Atrium         | Zone 7 ... Büro         | Zone 11 ... Besprechung |
| Zone 4 ... Vortragsraum   | Zone 8 ... Büro         | Zone 12 ... Besprechung |

## 7.2. Randbedingungen für interne Lasten

| Zone                       | Licht<br>[W/m <sup>2</sup> ] | Zeitplan   | Randbedingungen   |
|----------------------------|------------------------------|--|---|
| Zone 1<br>Technikflächen   | 12                           | Mo - Fr; 14:00 - 18:00                                     | -   |
| Zone 2<br>Empfang          | 6                            | Mo - So; 06:00 - 22:00                                     | an: $Q_{sol} > 200 \text{ W/m}^2$<br>aus: $Q_{sol} < 120 \text{ W/m}^2$ |
| Zone 3<br>Atrium           | 20                           | Fr; 14:00 - 16:00  |   |
| Zone 4, 5<br>Vortragsraum  | 13                           | Di; 13:00 - 17:00<br>Mi; 9:00 - 12:00<br>Fr; 13:00 - 17:00 |   |
| Zone 6<br>Korridor         | 6                            | Mo - Fr; 08:00 - 18:00                                     | an: $Q_{sol} > 200 \text{ W/m}^2$<br>aus: $Q_{sol} < 120 \text{ W/m}^2$ |
| Zone 7, 8, 9, 10<br>Büro   | 12                           | Mo - Fr; 08:00 - 18:00                                     | an: $Q_{sol} > 200 \text{ W/m}^2$<br>aus: $Q_{sol} < 120 \text{ W/m}^2$ |
| Zone 11, 12<br>Besprechung | 12                           | Mo - Fr; 08:00 - 18:00                                     | an: $Q_{sol} > 200 \text{ W/m}^2$<br>aus: $Q_{sol} < 120 \text{ W/m}^2$ |

| Zone    |                | Licht<br>[W/m <sup>2</sup> ] | Personen<br>[W/m <sup>2</sup> ] | PC<br>[W/m <sup>2</sup> ] | [W/m <sup>2</sup> ] |
|---------|----------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Zone 1  | Technikflächen | 12                           | 0                               | 0                         | 12                  |
| Zone 2  | Empfang        | 6                            | 0.4                             | 0.8                       | 7.2                 |
| Zone 3  | Atrium         | 20                           | 58                              | 0                         | 78                  |
| Zone 4  | Vortragsraum   | 13                           | 33                              | 6                         | 52                  |
| Zone 5  | Vortragsraum   | 13                           | 43                              | 7                         | 64                  |
| Zone 6  | Korridor       | 6                            | 0                               | 0                         | 6                   |
| Zone 7  | Büro           | 12                           | 9                               | 18                        | 39                  |
| Zone 8  | Büro           | 12                           | 6                               | 12                        | 30                  |
| Zone 9  | Büro           | 12                           | 10                              | 18                        | 40                  |
| Zone 10 | Büro           | 12                           | 8                               | 15                        | 35                  |
| Zone 11 | Besprechung    | 12                           | 19                              | 3                         | 34                  |
| Zone 12 | Besprechung    | 12                           | 25                              | 4                         | 41                  |

### 7.3. Randbedingungen Lüftung

| Lüftungs-<br>geräte | Zone           | Personen | Auslegung von<br>Lüftungsgeräte  | Luft-<br>wechsel  | Randbedingungen  |  |
|---------------------|----------------|----------|--|---|--|--|
|                     |                |          |  |   | Meschanisch  | Natürlich  |
| L1                  | Büro-7         | 421      | -16 390 m³h<br>-T <sub>zu</sub> = 18°C<br>-WRG = 70 %<br>-Zulufrheizung<br>-Adiabate Kühlung | 1.45 h <sup>-1</sup>  | Mo - Fr; 06:00 - 20:00   | -  |
|                     | Büro-8         |          |  | 1.45 h <sup>-1</sup>  |  |  |
|                     | Besprechung-11 |          |  | 3.20 h <sup>-1</sup>  |  |  |
| L2                  | Büro-9         | 360      | -13 300 m³h<br>-T <sub>zu</sub> = 18°C<br>-WRG = 70 %<br>-Zulufrheizung<br>-Adiabate Kühlung | 1.45 h <sup>-1</sup>  | Mo - Fr; 06:00 - 20:00<br>an: T <sub>amb</sub> < 8°C oder T <sub>amb</sub> > 25°C<br>aus: 10°C < T <sub>amb</sub> < 25°C | Mo - Fr; 08:00 - 18:00<br>an: 8°C < T <sub>amb</sub> < 25°C<br>aus: T <sub>amb</sub> < 10°C oder T <sub>amb</sub> > 25°C |
|                     | Büro-10        |          |  | 1.45 h <sup>-1</sup>  |  |  |
|                     | Besprechung-12 |          |  | 3.90 h <sup>-1</sup>  |  |  |
| L3                  | Atrium-3       | 250      | -9 000 m³h<br>-T <sub>zu</sub> = 18°C<br>-WRG = 70 %<br>-Zulufrheizung<br>-Adiabate Kühlung  | Mechanisch:<br>1.58 h <sup>-1</sup><br><br>Natürlich:<br>Temperaturab<br>hängig | Fr; 14:00 - 16:00  | an: T <sub>air,atrium</sub> > 25°C<br>aus: T <sub>air,atrium</sub> < 20°C<br>aus: Fr; 14:00 - 16:00                      |
|                     | Vortragsraum-4 | 168      | -6 500 m³h<br>-T <sub>zu</sub> = 18°C<br>-WRG = 70 %<br>-Zulufrheizung<br>-Adiabate Kühlung  | 4.07 h <sup>-1</sup>  |  |  |
|                     | Vortragsraum-5 |          |  | 6.16 h <sup>-1</sup>  | Di; 13:00 - 17:00<br>Mi; 9:00 - 12:00<br>Fr; 13:00 - 17:00   | -  |
| L4+L5               | Empfang-2      | -        | -8 290 m³h<br>-T <sub>zu</sub> = 18°C<br>-WRG = 70 %<br>-Zulufrheizung<br>-Adiabate Kühlung  | 0.42 h <sup>-1</sup>  | Mo - Fr; 06:00 - 20:00   | -  |
|                     | Korridor-6     |          |  | 0.84 h <sup>-1</sup>  |  |  |



## 7.4. Randbedingungen Heizen und Kühlen

| Zone                       | Grundfläche [m <sup>2</sup> ] | Heizsystem          | Heizleistung [W/m <sup>2</sup> ] | Heizfläche [m <sup>2</sup> ] | max. Heizleistung [kW]    | Randbedingungen                  | T <sub>Raum,soll</sub> [°C]              |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|
| Zone 1<br>Technikflächen   | 1 470                         | -                   | -                                | -                            | -                         | -                                | -  |
| Zone 2<br>Empfang          | 530                           | Fußbodenheizung     | 80                               | 398                          | 31,8                      | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |
| Zone 3<br>Atrium           | 325                           | Unterflur Konvektor | -                                | -                            | 30                        | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |
| Zone 4, 5<br>Vortragsraum  | 96; 219                       | Kapillarmatten      | 103                              | 72; 164                      | 7,4; 16,9                 | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |
| Zone 6<br>Korridor         | 3 910                         | Konvektoren         | 103                              | -                            | -                         | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |
| Zone 7, 8, 9, 10<br>Büro   | 1 375; 1 270;<br>1 132; 880   | Kapillarmatten      | 103                              | 630; 840;<br>672; 588        | 64,9; 86,5;<br>69,2; 60,6 | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |
| Zone 11, 12<br>Besprechung | 560; 354                      | Kapillarmatten      | 103                              | 336; 252                     | 34,6; 26                  | an: T <sub>amb,24h</sub> < 10° C | 21° C (7:00-22:00)<br>19° C (22:00-7:00) |

| Zone                       | Grundfläche [m <sup>2</sup> ] | Kühlsystem                        | Kühlleistung [W/m <sup>2</sup> ] | Kühlfläche [m <sup>2</sup> ] | max. Kühlleistung [kW]    | Randbedingungen               | T <sub>Raum,soll</sub> [°C] |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Zone 1<br>Technikflächen   | 1 470                         | -                                 | -                                | -                            | -                         | -                             | -                           |
| Zone 2<br>Empfang          | 530                           | -                                 | -                                | -                            | -                         | -                             | -                           |
| Zone 3<br>Atrium           | 325                           | kühlregister<br>*nicht modelliert | -                                | -                            | -                         | -                             | -                           |
| Zone 4, 5<br>Vortragsraum  | 96; 219                       | Kapillarmatten                    | 85                               | 72; 164                      | 6,1; 13,9                 | aus: T <sub>dew</sub> > 18° C | 24                          |
| Zone 6<br>Korridor         | 3 910                         | -                                 | -                                | -                            | -                         | -                             | -                           |
| Zone 7, 8, 9, 10<br>Büro   | 1 375; 1 270;<br>1 132; 880   | Kapillarmatten                    | 85                               | 630; 840;<br>672; 588        | 53,6; 71,4;<br>57,1; 50,0 | aus: T <sub>dew</sub> > 18° C | 24                          |
| Zone 11, 12<br>Besprechung | 560; 354                      | Kapillarmatten                    | 85                               | 336; 252                     | 28,6; 21,4                | aus: T <sub>dew</sub> > 18° C | 24                          |

## **5 Entwicklung zukunftsfähiger Planungsprozesse**

## Inhaltsverzeichnis

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>5</b>   | <b>Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse .....</b>                       | <b>4</b>  |
| <b>5.1</b> | <b>Innovationsplattform 5D .....</b>   | <b>4</b>  |
| 5.1.1      | Einleitung .....   | 4         |
| 5.1.1      | Bestands- und Revisionsunterlagen – Datenaufbereitung .....                          | 5         |
| 5.1.1.1    | Sichtung und Bewertung der analogen Daten der Nullmessung .....                      | 5         |
| 5.1.1.2    | Zonenzuordnung und Flächenaufteilung .....   | 7         |
| 5.1.2      | Zukunftsorientierte Planungsprozesse / durchgängige Innovationsplattform.....        | 10        |
| 5.1.3      | Beschreibung der anvisierten Plattform und der betroffenen Prozesse .....            | 16        |
| 5.1.3.1    | Planungs- und Bauprozessbeschreibung (Lebenszyklus) .....                            | 16        |
| 5.1.3.2    | Beschreibung der notwendigen Funktionalitäten zur Umsetzung der Innovationsplattform | 18        |
| 5.1.3.3    | Informations- und Datentransfermöglichkeiten zwischen den Werkzeugen .....           | 21        |
| 5.1.4      | Entwicklung von durchgängigen Planungstools für die Plattform.....                   | 24        |
| 5.1.4.1    | Analyse & Bewertung existenter Werkzeuge (Tools) – IST-Zustand .....                 | 24        |
| 5.1.4.2    | Beschreibung der Systeme .....   | 27        |
| 5.1.4.3    | 5D / 3D-Modell – Virtuelles Bestandsgebäude.....                                     | 27        |
| 5.1.4.4    | Darstellung der Bestandsgebäude mit einem 3D-Gebäudemodell (Ist-Zustand).....        | 29        |
| 5.1.4.5    | Visualisierung der Analyse: virtuelle Darstellung des Gebäudes .....                 | 38        |
| 5.1.5      | Darstellung der ausgewählten Innovationen am 3D Modell .....                         | 44        |
| 5.1.5.1    | Digitales Aufmass (Laserscanning) → siehe separaten Bericht .....                    | 44        |
| 5.1.5.2    | Industrialisierte & schlanke Bauprozesse - Fokus auf Ressource Zeit (4D) .....       | 44        |
| 5.1.5.3    | Ökobilanz Verbesserung durch 5D - Übersicht .....                                    | 48        |
| 5.1.5.4    | Darstellung der Ergebnisse vom soll/ist Vergleich am 3D Modell .....                 | 53        |
| 5.1.5.5    | Darstellung des thermisch-energetischen Gebäudeverhaltens (QUEEN) .....              | 54        |
| 5.1.6      | Unterstützung als Kommunikationsmittel für den Leitfaden .....                       | 56        |
| <b>5.2</b> | <b>QUEEN .....</b>   | <b>61</b> |
| 5.2.1      | Einleitung .....   | 61        |
| 5.2.2      | Forschungsbericht .....  | 62        |
| 5.2.2.1    | Methodik .....   | 62        |
| 5.2.2.2    | Zur Systematik und zum Arbeitsablauf - QUEEN.....                                    | 63        |
| 5.2.2.3    | Die Welt hinter QUEEN (Matrix – Variantenalgorithmus - Simulation):.....             | 65        |
| 5.2.2.4    | Die Arbeitsumgebung QUEEN .....  | 77        |
| 5.2.2.5    | Simulationsberechnungen für 3 Probanden: .....                                       | 90        |
| 5.2.2.6    | Ergebnisse der Simulationsrechnungen für 3 Probanden:.....                           | 92        |
| 5.2.3      | Fazit .....  | 94        |
| 5.2.4      | Anlagen.....   | 96        |
| 5.2.4.1    | Thermische Modelle – Google SketchUp .....   | 96        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 5.2.4.2    | Systembeschreibung TGA – Bestand .....                        | 98         |
| 5.2.4.3    | Bauteilkennwerte und Konstruktionen.....                      | 103        |
| 5.2.4.4    | Variantenbildung / Such – Algorithmus (Flussdiagramm).....    | 104        |
| 5.2.4.5    | Verfügbare Ausgabevariablen QUEEN.....                        | 105        |
| <b>5.3</b> | <b>Bestandserfassung mittels 3D-Laserscanning.....</b>        | <b>113</b> |
| 5.3.1      | Einleitung .....  | 113        |
| 5.3.1.1    | Laserscanning im Bauwesen - heute .....                       | 113        |
| 5.3.1.2    | Ziele – im Forschungsprojekt REG .....                        | 113        |
| 5.3.2      | ELaserscanning am „Züblin-Haus“ .....                         | 114        |
| 5.3.2.1    | Vorbereitung .....  | 114        |
| 5.3.2.2    | Durchführen des Laserscannings.....                           | 116        |
| 5.3.2.3    | Auswerten und Bearbeiten der Punktwolke / Scandaten .....     | 121        |
| 5.3.2.4    | Ergebnisse der Vermessung .....                               | 132        |
| 5.3.2.4    | Ergebnisse der Vermessung .....                               | 133        |
| 5.3.3      | Auswertung der Ergebnisse.....                                | 137        |
| 5.3.3.1    | Aufwendungen – Vergleich mit tachymetrischen Verfahren .....  | 137        |
| 5.3.3.2    | IST-Punktwolke ← → virtuelles 3D-Modell .....                 | 138        |
| 5.3.3.3    | Bewertung der Nutzbarkeit.....                                | 139        |
| 5.3.4      | Synergieeffekte / Ausblick in die Zukunft.....                | 141        |
| 5.3.4.1    | Automatisierte Schnittstellen → CAD.....                      | 141        |
| 5.3.4.2    | Werkzeug zur Mengenauswertung / Abrechnung .....              | 141        |
| 5.3.4.3    | Überwachung / Qualitätskontrolle / Dokumentation .....        | 142        |
| 5.3.5      | Fazit .....   | 142        |
| 5.3.5.1    | Nutzung heute / Einsatz morgen / Perspektive übermorgen ..... | 142        |
| 5.3.6      | Anlagen.....  | 144        |

## 5 Entwicklung zukunftsorientierter Planungsprozesse

### 5.1 Innovationsplattform 5D

#### 5.1.1 Einleitung

Planen – Bauen – Betreiben von ressourceneffizienten Gebäuden bedeutet das Auslegen eines Gebäudes auf seine voraussichtliche Nutzungszeit nach den als ressourceneffizient definierten Parametern.

Gleichzeitig müssen in dieser gesamtheitlichen Sicht die Kosten berücksichtigt werden die wesentlich von den Kriterien Qualitäten – Quantitäten – Bauverfahren abgebildet werden. Diese stellen weitere Kriterien dar die die vorgestellten ergänzen und beeinflussen.

Heute existierende Planungsformen sind geprägt von den Brüchen in den Medien und den Änderungen aufgrund der fortlaufenden Planung einer unterschiedlichen Datenbasis von Simulationen von Auswirkungen. Zugleich ist der Bausektor von einem harten Wettbewerb der Baufirmen geprägt. Dies führt bei komplexen Anforderungen an das Gebäude dazu dass entweder die Kostenrahmen überschritten werden oder die geforderte Funktionalität an das Gebäude nicht erreicht wird. Die Daten aus der Angebots- und Ausführungsphase – Mengen / Termine / Kosten / Kollisionsprüfung / Simulationsvergleiche – werden in der Frühen Planungsphase nicht genutzt.

Dieses Kapitel befasst sich mit dem Aufstellen der Forderungen nach einer neuen Arbeitsweise in der Planung um diese möglichen Vorteile der Frühzeitigen Nutzung von Daten aus einer Angebots- und Ausführungsphase in der Entwurfsphase zu nutzen. Mithin die Entwurfsphase in die Angebotsphase zu verlängern und insbesondere das Wissen von Bauunternehmen aus dieser Phase zur Optimierung von Bauvorhaben zu nutzen.

Explizit wird dieser Vorteil dahingehend aufgezeigt dass das Wissen der Baufirma um Baukosten mit der Ableitung der Ökobilanz verknüpft werden kann so dass ein gemeinsames Modell dem Bauherrn sowohl die Form seines Gebäudes – seiner geplanten Nutzung sowie aber auch seiner Kosten und Ökobilanz aufzeigen kann.

Aufgrund der Nutzung von Daten aus der Angebotsphase beziehen sich diese aussagen jeweils auf das definierte Bausoll und sind weitaus exakter in der Aussage als Schätzungen. Dabei referenzieren alle Ableitungen auf ein gemeinsames 3D-Modell. Diese Vorgehensweise erhöht zum einen die Transparenz auf das angestrebte Bauwerk – nimmt sie die Auswirkungen des Bauwerks doch digital voraus und macht es besser planbar. Schafft damit die höhere Sicherheit zur Erreichung der finanziellen und funktionalen Anforderungen. In der Welt der Bauindustrie, in der der Bauprozess und die Funktionalität eines Gebäudes noch einer großen Unsicherheit unterliegen kann diese Vorgehensweise eine Umsetzung des „Lean“ Gedankens möglich machen: „Durch Vermeidung von Verschwendung“ (hier unnötige Schnittstellenverluste – geringes Nutzens des „frontloaded Designs“ ein besseres und sicheres Planen und Bauen zu ermöglichen.

## **5.1.1 Bestands- und Revisionsunterlagen – Datenaufbereitung**

### **5.1.1.1 Sichtung und Bewertung der analogen Daten der Nullmessung**

Die Analyse der Bestandsgebäude als so genannte „Nullmessung“ im Rahmen des Arbeitspakets 3 (AP3) wurde beispielhaft am Bestandsgebäude Züblin-Haus detailliert untersucht mit dem Ziel der Darstellung der Ergebnisse in einem 3D Gebäudemodell. Dieses „virtuelle Gebäudemodell“ repräsentiert den „Ist-Zustand“ und soll nach Möglichkeit alle erhobenen Daten der Nullmessung mit ihren teilweise sehr unterschiedlichen Eigenschaften darstellen können.

Die Analyse erfolgte zwangsweise interdisziplinär und hierdurch zeigte sich schnell, wie sich die verschiedenen Sichtweisen der am Bau beteiligten voneinander unterscheiden. Im ersten Schritt wurden alle im Rahmen von AP3 erhobenen Daten zusammengestellt und auf ihre Attribute (Datentyp, Einheit, Objekttyp, Bezug zum Modell u.v.a.) hin verglichen. Dieser Vergleich zeigt, welche Attribute die erhobenen Daten jeweils haben und vor allem wie sie in einem Modell dargestellt werden könnten. Wichtig bei der Darstellung ist auch die Nachvollziehbarkeit der Datenherkunft (Erfasser) sowie der Ansätze, die zur Gewinnung der Daten verwendet wurden. Damit sind die grundlegenden Anforderungen an einem System beschrieben, womit diese Informationen mit Hilfe eines 3D-Gebäudemodells visualisiert und zugänglich gemacht werden sollen.

Für das Züblin-Haus wurden nach Auswertung der Erfassungsbögen der Nullmessung konkret 210 unterschiedliche Attributtypen identifiziert, um die aufgenommenen Ist-Daten der Disziplinen Konstruktiver Ingenieurbau (KI), Technische Gebäudeausrüstung (TGA) und Fassadentechnik (FAS) abzubilden.

| Erfasser |           | Attribut                                      |            |         | Modellbezug  |       |       |       |         |
|----------|-----------|---|------------|---------|--------------|-------|-------|-------|---------|
| Name     | Abteilung | Name  | Datentyp   | Einheit | Objekttyp    | Stück | Länge | Fläch | Volumer |
| KI       |           | Bewehrungsgrad                                | Text       |         | Decke        | x     |       |       |         |
| KI       |           | Betondeckung                                  | Gleitkomma | cm      | Decke        |       |       | x     |         |
| KI       |           | Vorgespannt                                   | Ja/Nein    |         | Decke        | x     |       |       |         |
| KI       |           | Beschreibung Vorspannung                      | Text       |         | Decke        | x     |       |       |         |
| KI       |           | Dachsystem                                    | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| KI       |           | Betongüte                                     | Text       |         | Dach         | x     |       |       |         |
| KI       |           | Bewehrungsgrad                                | Text       |         | Dach         | x     |       |       |         |
| KI       |           | Betondeckung                                  | Gleitkomma | cm      | Dach         |       |       | x     |         |
| KI       |           | Beschreibung Aufzugsschächte                  | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| KI       |           | Beschreibung Versorgungsschächte              | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| KI       |           | Beschreibung Treppenhäuser/Treppen            | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Baujahr                                       | Datum      |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Standort                                      | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Städtebauliche Einordnung                     | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Nachbarbebauung                               | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Gebäudenutzung                                | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | AV-Verhältnis                                 | Gleitkomma |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Geschosszahl                                  | Ganzzahl   |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Projektnummer                                 | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Gebäudehülle                                  | Text       |         | Gebäude      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | System/Konstruktion                           | Text       |         | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Systemgeber                                   | Text       |         | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Material                                      | Text       |         | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Herstelljahr                                  | Datum      |         | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Abmessungen Element (Breite)                  | Gleitkomma | m       | Fassade      |       | x     |       |         |
| FAS-S    |           | Abmessungen Element (Höhe)                    | Gleitkomma | m       | Fassade      |       | x     |       |         |
| FAS-S    |           | Wärmedurchgangkoeffizient der Kontruktion Ug  | Gleitkomma | W/m²K   | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Gesamtenergiedurchlassgrad der Konstruktion g | Gleitkomma |         | Fassade      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | System/Konstruktion                           | Text       |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Systemgeber                                   | Text       |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Material                                      | Text       |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Herstelljahr                                  | Datum      |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Abmessungen Element (Breite)                  | Gleitkomma | m       | Fenster      |       | x     |       |         |
| FAS-S    |           | Abmessungen Element (Höhe)                    | Gleitkomma | m       | Fenster      |       | x     |       |         |
| FAS-S    |           | Öffnungsart                                   | Text       |         | Fenster      | x     | x     |       |         |
| FAS-S    |           | Wärmedurchgangkoeffizient der Kontruktion Ug  | Gleitkomma | W/m²K   | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Gesamtenergiedurchlassgrad der Konstruktion g | Gleitkomma |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Sonnenschutz                                  | Ja/Nein    |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Sonnenschutz Steuerung                        | Text       |         | Fenster      | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | System  | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Fabrikat                                      | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Typ   | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Behangart                                     | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Perforation                                   | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Behangabmessung (Bauteilstärke)               | Gleitkomma | mm      | SoSchu außen |       |       |       |         |
| FAS-S    |           | Behangfarbe innen/außen                       | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Lamellenabstand                               | Gleitkomma | mm      | SoSchu außen | x     |       |       |         |
| FAS-S    |           | Antriebsart / Motortyp                        | Text       |         | SoSchu außen | x     |       |       |         |

Abb. 5.1.1.1-1: Auszug: Zusammenstellung der Datenattribute der Nullmessung für das Züblin-Haus

Ein Attributtyp ist dabei einerseits durch seinen Datentypen und (bei Zahlenwerten) durch eine Basiseinheit, sowie durch seinen Modellbezug charakterisiert. Als Datentypen kommen in Analogie zu Datentypen gängiger Datenbankschemata die folgenden zur Anwendung: Ganzzahl, Gleitkommazahl, Ja/Nein, Text, Datum, Zeitintervall, Dokumentenverknüpfung (URL/Link).

Über den Modellbezug wird bestimmt, welchem Objekttyp im 3D-Modell der jeweilige Attributtyp zugeordnet werden soll. Die folgenden Objekttypen wurden identifiziert: Achsen, Bodenplatte, Bodenplattenschicht, Dach, Dachschicht, Ebene, Fassade, Fenster, Fundament, Gebäude, Geschossboden, Geschossbodenschicht, Geschossdecke, Geschossdeckenschicht, TGA, Messstelle, Raum, Sonnenschutz (innen/außen), Stütze, Tür, Verglasung, Wand, Wandschicht, Zone. Für die Objekttypen wurde eine Detaillierungsstufe gewählt, die eine direkte Zuordnung der Attribute erlaubt. Die gängigen Bau-CAD-Systeme bieten jedoch nicht dieselbe Detaillierungstiefe (z.B. werden einzelne Geschossdeckenschichten nicht als separate Objekte modelliert). Um dennoch die Attribute mit Elementen des 3D-Modells verknüpfen zu können, müssen entweder modellseitig Ersatzobjekte modelliert werden oder es muss auf Ebene der Datenverwaltung eine Zwischenschicht mit Proxy-Elementen eingeführt werden.

### 5.1.1.2 Zonenzuordnung und Flächenaufteilung

Beispielhaft für die Verwendung von Objekten im Bauwesen sind Raumkonzepte mit denen geometrische Definitionen (Mengen) aber auch Ausstattungen (Kosten) und Nutzungen (Ableitungen Energiebedarf / Wohlfühlparameter) abgeleitet werden.

Die Aufteilung von Gebäudeflächen erfolgt je nach Fachrichtung auf sehr unterschiedliche Art und Weise. So werden im konstruktiven Ingenieurbau die Aspekte eines reibungslosen (Roh-) Bauablaufs im Vordergrund stehen, die technische Gebäudeausrüstung hingegen wird die Ver- und Entsorgung verschiedener Zonen im Ausbauzustand interessieren. Bauphysikalische Berechnungen erfordern ggf. eine andere Zoneneinteilung während bei Facility Management die Gebäudevermietung und der Betrieb im Vordergrund stehen.

| 1. Flächen und Rauminhalte  |   | Bestand 1 | Bestand 2 | Bestand 3 |
|---|---|-----------|-----------|-----------|
| <b>1.1. DIN 277 (2/2005)</b>  |   |           |           |           |
| BGF = NGF + KGF<br>NGF = NF + TF + VF   |   |           |           |           |
| BRI   | Brutto-Rauminhalt                       | 104.435   | 56.023    | 23.594    |
| BRI o   | Brutto-Rauminhalt oberirdisch           | 84.043    | 28.055    | 15.790    |
| BRI u   | Brutto-Rauminhalt unterirdisch          | 20.392    | 27.968    | 7.804     |
| <b>VE Beheizte Gebäudehülle</b>   |   |           |           |           |
| BGF   | Brutto-Grundfläche                      | 26.212    | 15.632    | 6.963     |
| BGF o   | Brutto-Grundfläche oberirdisch          | 18.226    | 7.902     | 4.789     |
| BGF u   | Brutto-Grundfläche unterirdisch         | 7.985     | 7.730     | 2.174     |
| KGF   | Konstruktions-Grundfläche               | 2.672     | 1.095     | 889       |
| NGF   | Netto-Grundfläche                       | 23.539    | 14.538    | 6.073     |
| NF  | Nutzfläche                              | 14.201    | 6.338     | 4.693     |
| TF  | Technische Funktionsfläche              | 1.357     | 227       | 318       |
| VF  | Verkehrsfläche                          | 7.962     | 7.972     | 1.063     |
| GH  | Geschoßhöhe (Standard-Bürogeschoss)     | 3,00      | 3,45      | 3,15      |
| liRh  | lichte Raumhöhe (Standard-Bürogeschoss) | 2,70      | 3,02      | 2,66      |
| <b>1.2. GIF - Flächenarten (Ggf. vermietete und nicht vermietete Flächen berücksichtigen)</b>   |   |           |           |           |
| MF-G = MF-G1 + MF-G2<br>MF-O = TF + VF + KGF<br>MF-G = NF + TF (M) + VF (iM) + KGF (leichte Trennwände)<br>(M = individuelle Mieteranforderung) |   |           |           |           |
| MF-O  | keine Mietfläche                        | 11.646    | 7.457     | 1.230     |
| MF-G  | Mietfläche                              | 14.566    | 8.175     | 5.733     |
| MF-G1   | Exklusive Nutzung                       | 9.136     | 7.829     | 5.371     |
| MF-G2   | Gemeinschaftliche Nutzung               | 5.430     | 346       | 362       |

Abb. 5.1.1.2-1: Unterschiedliche Flächendefinitionen, unterschiedliche Anforderungen

Die unterschiedlichen Sichtweisen können im Rahmen der hier beschriebenen Prozesse erfasst und widerspruchsfrei visualisiert und ausgewertet werden um als gemeinsame Grundlage zur Verfügung zu stehen (um CAD-System übergreifend agieren zu können z.B. als Ersatzobjekt modelliert). Die Zuordnung der entsprechenden Attribute aus der Nullmessung kann demnach nicht nur element- und raumbezogen sondern auch flächenbezogen sein.



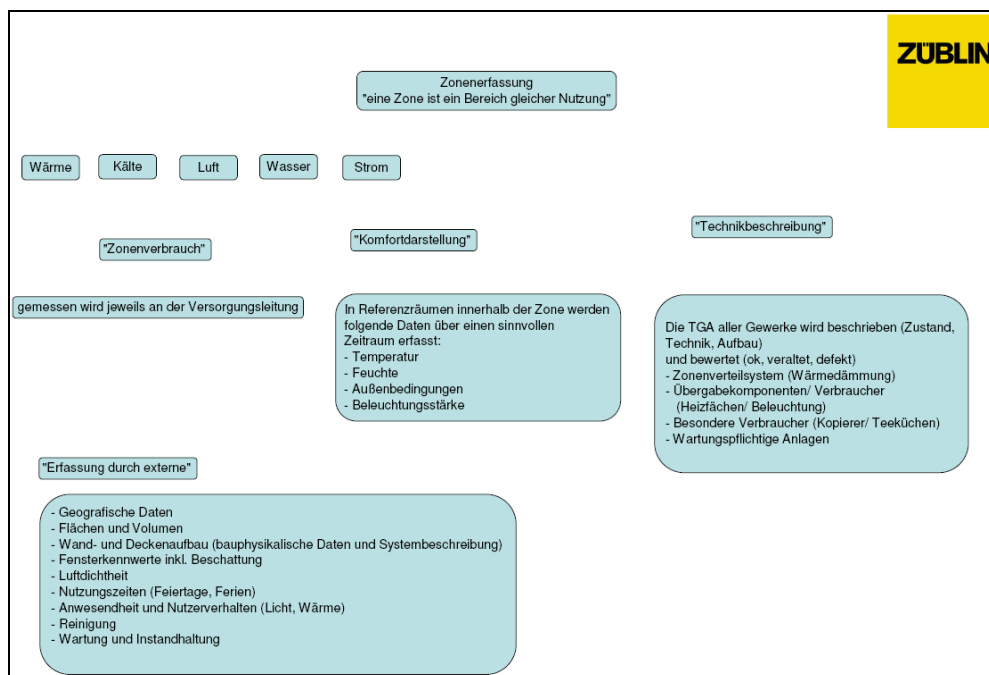


Abb. 5.1.1.2-2: Beispielhafte Zonendefinition, hier die TGA mit Bezug zu anderen Disziplinen

Im Rahmen der Nullmessung wurden neben den im vorigen Kapitel behandelten Attributen auch die Anforderungen an unterschiedlichen Flächendefinitionen und der Ausprägung der Darstellung erhoben. Diese Flächen mit entsprechender Zonenzuordnung wurden am Beispiel des Züblin Hauses im 3D Modell aufgenommen. Attribute der Zonen konnten als Ausgangsdaten (Ist-Zustand, Anforderungen, Geometriebedingungen usw.) bei der Erstellung der Flächen vergeben werden. Im Verlauf der Datenerhebung konnten weitere Attribute (Ergebnisse der Nullmessung, erhobene und berechnete Daten usw.) die aus verschiedenen Expertensystemen gewonnen wurden hinzu gefügt werden.

Die Auswertung der Flächen und Volumina wurde sowohl mit dem Nemetschek Allplan Modell als auch mit dem Autodesk Revit Modell weitergehend untersucht. Ferner wurden der bidirektionale Austausch und Weiterverwendung der Geometriedaten zwischen den unterschiedlichen Expertensystemen getestet und bewertet (siehe nachfolgende Kapitel).

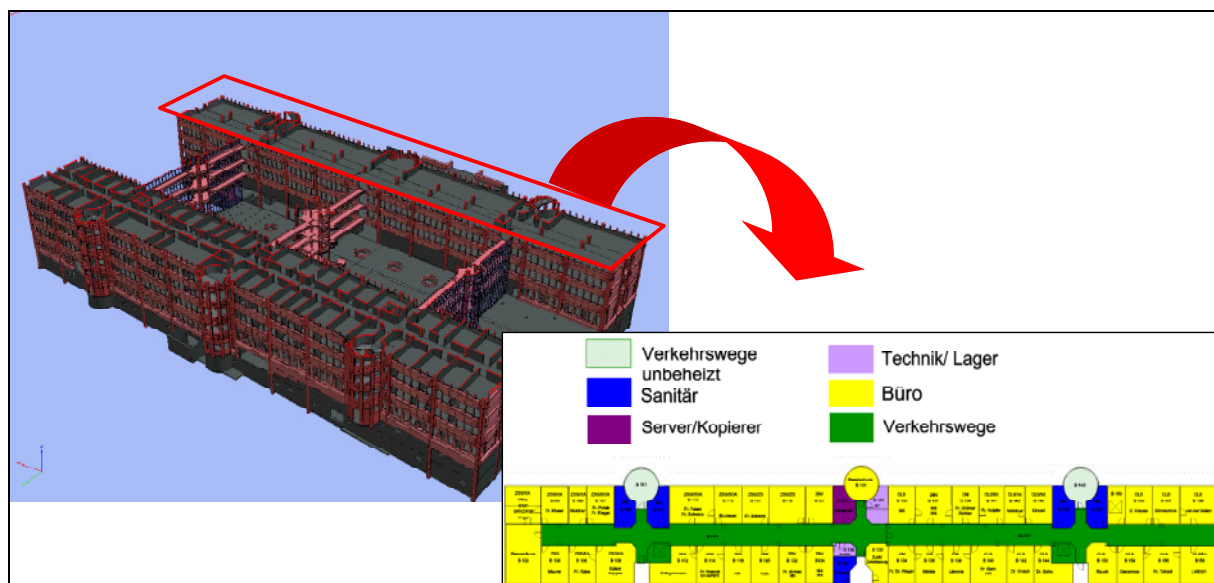


Abb. 5.1.1.2-3: Beispiel für eine Zoneneinteilung, abgeleitet aus dem 3D Modell (Züblin Haus)

Dabei zeigte sich, dass es unabhängig vom Bauprojekt sinnvoll ist ein gemeinsames Modell zu erstellen das es erlaubt, unterschiedliche Sichten auf die gleiche Datengrundlage zu gewährleisten. Ausgehend von Raumkonzepten könnten z.B. völlig neue Herangehensweisen an Entwurf und Planung realisiert werden, die von Beginn an alle Disziplinen einbinden und so Projekte konsequenter in Richtung Ressourceneffizienz trimmen können. Dies wird künftig die Grundlage sein um neue Planungsprozesse umsetzen zu können und ist nur modellbasierend zu erreichen.

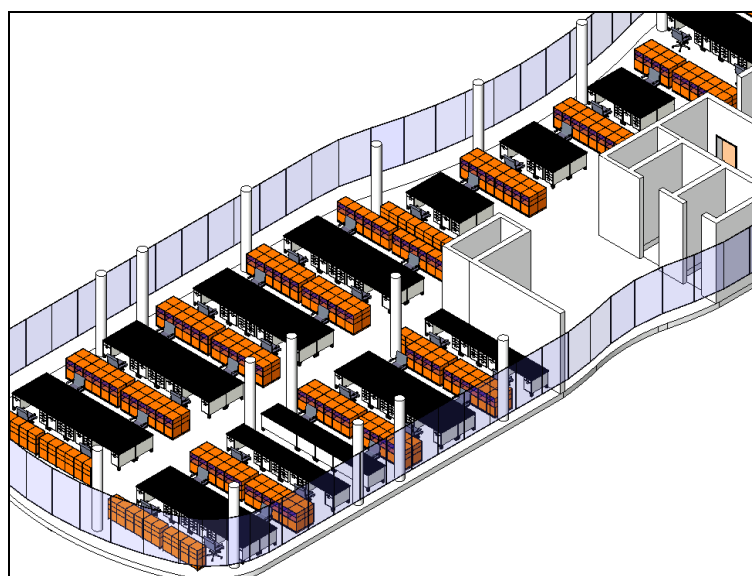


Abb. 5.1.1.2-4: Raumkonzepte als Ausgangspunkt der Zonierung (hier das Z2 Gebäude)

### 5.1.2 Zukunftsorientierte Planungsprozesse / durchgängige Innovationsplattform

Zukunftsorientierte Planungsprozesse müssen um den Anforderungen nach Ressourcen-Optimierung zu genügen neue Funktionen erfüllen. Stand bisher die Erarbeitung einer Lösung sequenziell an so wird der zukünftige Planungsprozess in einer Iteration (Simulation) das verhältnismäßige Optimum mehrerer, zunehmend neuer, Randbedingungen erbringen müssen. Exemplarisch wurden diese Anforderungen an Raumkonzepten untersucht – die dort gemachten Erfahrungen können aber auf die gesamten Bauprozesse ausgeweitet werden.

Die herkömmliche Arbeitsweise ist geprägt durch:

- Vielzahl an Fachdisziplinen
- Erarbeitung isolierter Teilergebnisse
- einzelne Planungsabläufe sind auf Informationen der anderen Beteiligten angewiesen
- iterative Arbeitsweise
- Wechselnde Anzahl der Beteiligten
- im Verlauf der „traditionellen“ Arbeitsweise erstellt jeder seine Sicht des Gebäudes in seinen Plänen / Unterlagen in dem er die Vorarbeit der Beteiligten „per Hand“ (analog) übernimmt

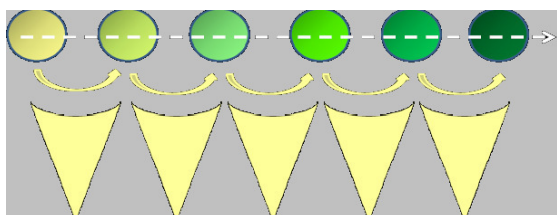
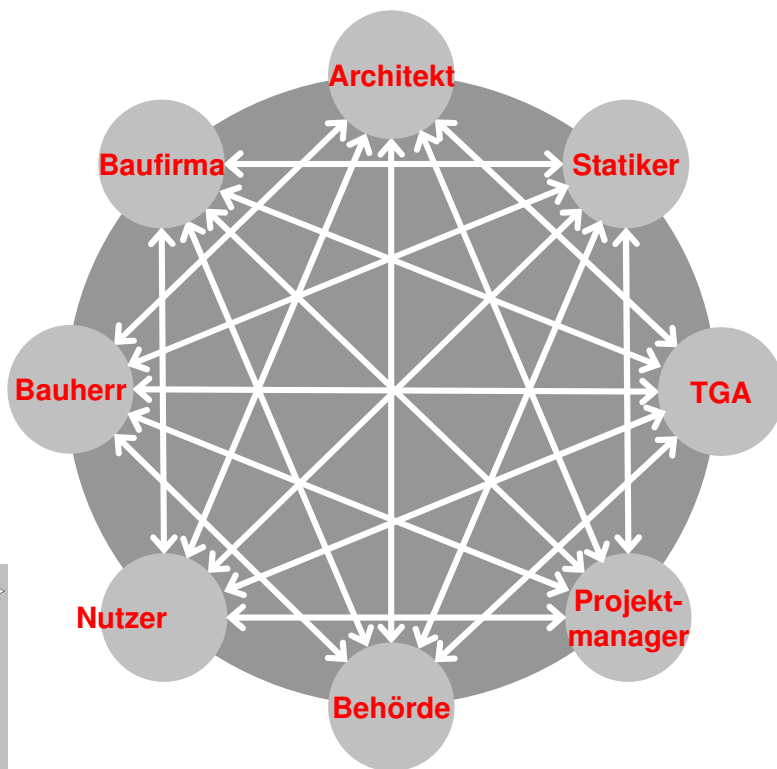


Bild: „händische, sequenzielle“ Arbeitsweise

Abb. 5.1.2-1: Sequenzielle Arbeitsweise

Die Planung ressourceneffizienter Gebäude führt zur Einführung zusätzlicher Parameter die die gesamte Planungs-, Angebots-, Ausführungs-, und Betreiberphase des Gebäudes betreffen – und am Besten von den entsprechenden Fachingenieuren / Fachfirmen beantwortet werden können.

Diese Simulation der Auswirkungen einer Planung in den gestellten Randbedingungen – inklusive Berücksichtigung der Kosten – führt zur Forderung einer gemeinsamen modellorientierten Arbeitsweise. Nur diese ermöglicht über die Iteration der einzelnen Bearbeitungsstufen die Findung des gewünschten Optimums

- Größter Nutzen für die Gesamtplanung: Teilergebnisse der einzelnen Planer werden in einem gemeinsamen Projektmodell zusammengeführt
- Vermeidung von Fehlern durch bessere Kooperation und Kommunikation der Beteiligten jetzt mit Integration der Bausicht / Auswirkungen zusätzlicher Planungsparameter
- alle Sichten der Beteiligten sind in einem gemeinsamen 3D-Geometriemodell und Datenmodell vereinigt und können in einfacher Kommunikation um die Bausicht erweitert werden.

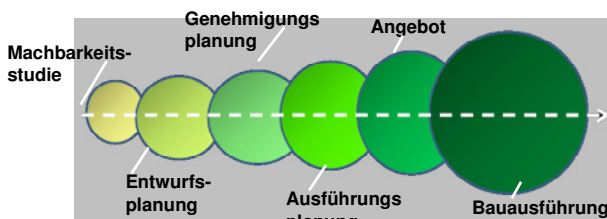
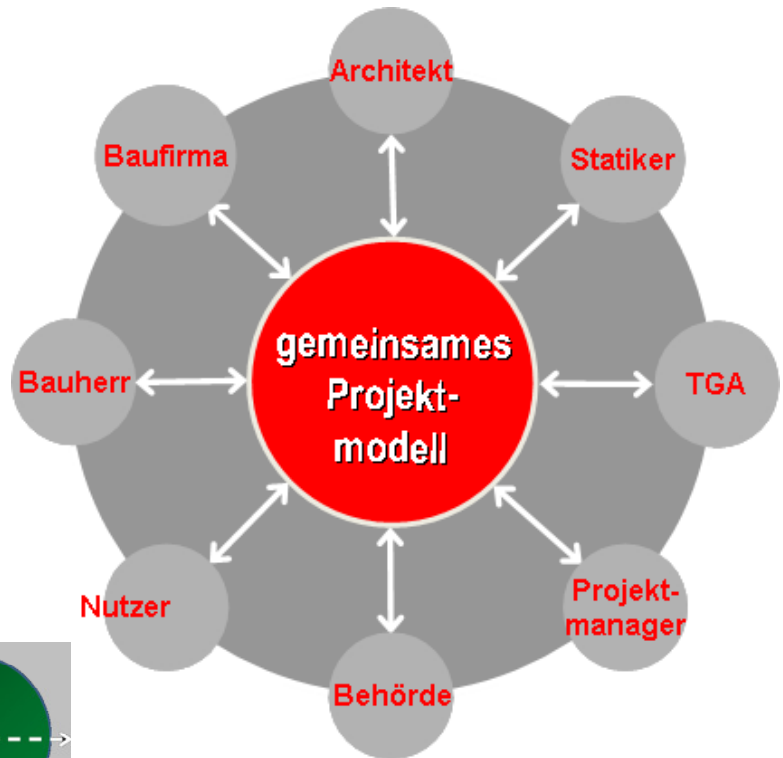


Bild: „modellbasierende“ Arbeitsweise

Abb. 5.1.2-2: Modellbasierte Arbeitsweise

Über die Bearbeitungsstufen hinweg führt die modellbasierte Arbeitsweise zu einer kontinuierlichen Anreicherung von Information ohne die üblichen Verluste durch Medienbrüche.

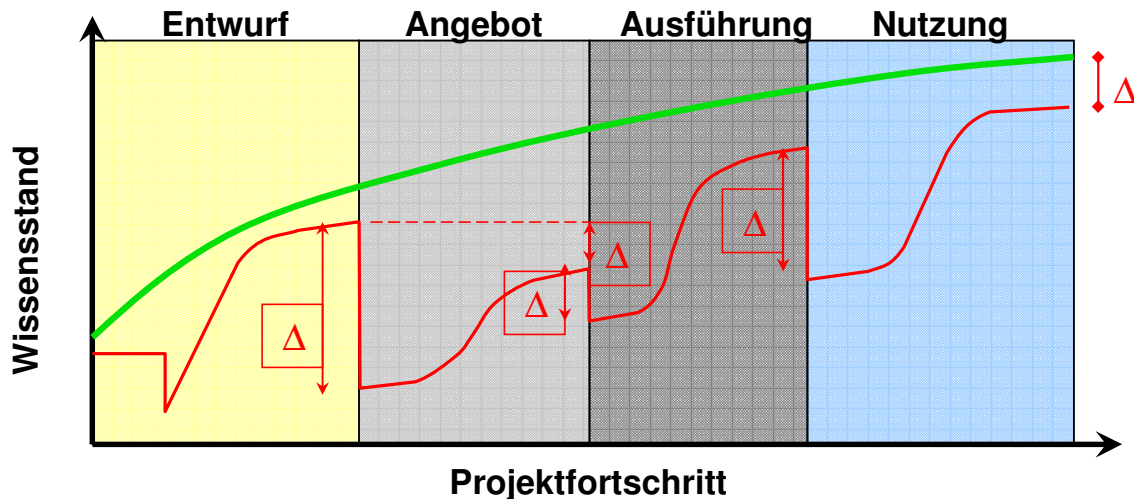


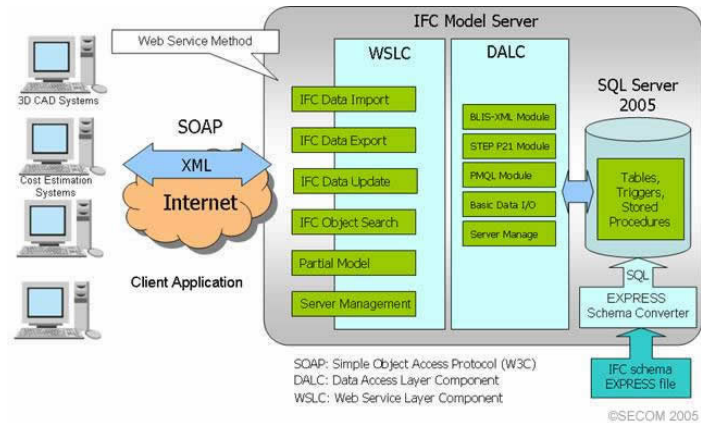
Abb. 5.1.2-3: Schnittstellenverluste zwischen den Prozessabschnitten

Diese Idee wurde von IAI, die im Juni 1995 in USA gegründet wurde, aufgegriffen und mit der Entwicklung des IFC-Produktmodells versucht umzusetzen. Die Vision von IAI ist ein BIM (Building Information Modeling) auf Basis von IFC. BIM oder virtuelle Gebäudemodell soll alle umfassende Informationen während des gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes abbilden. Die IFC (Industry Foundation Classes) sind ein intelligentes Datenmodell, welches alle Bauelemente als Objekte in einer Projektstruktur definiert und als ISO-Norm 16739 Datenbank-, Modell-, und Dateiformat standardisiert ist. Anders als die bisherigen Datenaustauschformate sind IFC ein offenes, herstellernertrales Format für 2D- und 3D CAD Daten. Sie wurden als Beschreibungssprache für virtuelle Gebäude-Modelle entwickelt, damit neben Geometrie auch Eigenschaften der Bauelemente, eingelesen werden können. Durch die IFC soll die ganzheitliche Erfassung der während des Gesamtprozess angefallenen Daten in ein und dasselbe 3D- Gebäudemodell ermöglicht: fachübergreifend von Entwurfs- zur Ausführungsplanung, von Ausschreibung zur Kalkulation, von Baubeginn zur Fertigstellung und anschließend von Baubetreiben zum Abreißen

Damit wurde ein standardisiertes Verfahren zum Informationstransport zwischen den einzelnen Baubeteiligten aufgestellt. Es stellt einen wichtigen Baustein für die Verwirklichung der gemeinsamen Modellsicht dar – schafft aber „nur“ eine Verbindung die zwei Planungs- / Baubeteiligte zu einem definierten Zeitpunkt verbindet. Es stellt somit ein **normiertes Datenaustauschformat** dar – die Frage nach der Datenintegration ist mit der Lösung der Transportfrage nicht geklärt.

Als Antwort auf diese Problematik wird der Ansatz des IFC seit ca. 2002 zu einem **IFC-Modellserver** weiterentwickelt.

- Sammlung der Daten via IFC Schema in einer zentralen Datenbank auf Objekt Level
- Zugriff aller Projektbeteiligten auf diese zentralen Daten



Damit wird eine zentrale Datenhaltung bereitgestellt die den modellbasierten Ansatz der Planung auf alle Planungs- und Baubeteiligten erweitert. Diese Arbeitsweise für die Bauindustrie lehnt sich stark an die Entwicklungen des Maschinenbaues an, der mit der Definition des Standards STEP AP214 eine ähnliche Standardisierung des Datenaustausches aufgesetzt hat. IFC ist auf dieser Grundlage des STEP AP214 entwickelt worden mit Anpassungen für spezifische Bauanforderungen.

Im Maschinenbau führte diese Entwicklung eines normierten Datenaustauschformates nicht zu einem Modellserver. Die Vorteile die ein standardisiertes Datenaustauschverfahren bietet sind aber auch seine Nachteile wenn es um eine Prozessübergreifende Einführung geht.

#### Vorteile

- Standardisierte Definition von Geometrie und Grunddaten
- offener, veröffentlichter Standard

#### Nachteile

- längere Entwicklungszeiten des Standards durch Gremienarbeit
- Standard bildet nur einen Ausschnitt der Möglichkeiten von CAD-Systemen und Datensätzen von Anwendungen ab (deren Zykluszeiten zudem kürzer sind wie die Entwicklungszeiten des Standards)
- Abbildung der Planungsphase ausgehend von der Rolle des Entwerfers (Architekten) mit beginnender Ausdehnung in die anderen Fachbereiche erst in letzter Zeit

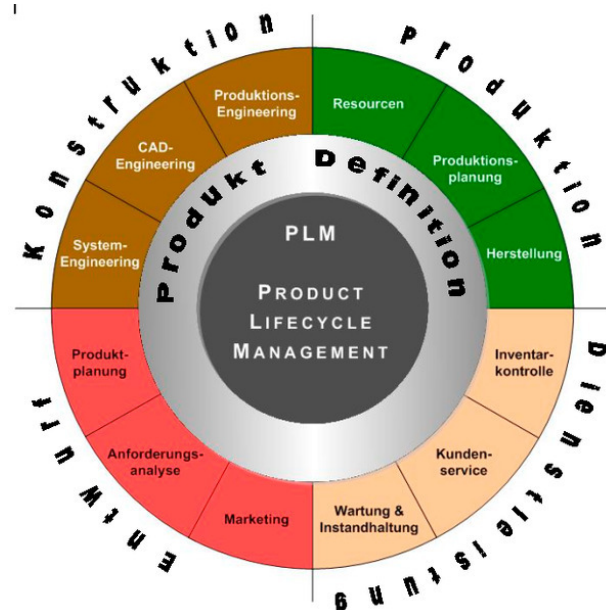


Diese Nachteile führten im Maschinenbau dazu dass unabhängig von STEP Modellserver mit Prozessintegration und Workflow entstanden die den gesamten Lebenszyklus eines Produktes umfassen.

Product Lifecycle Management (PLM, „Produktlebenszyklusmanagement“) bezeichnet ein strategisches Konzept zum Management eines Produktes über seinen gesamten Lebenszyklus. Dieses Konzept umfasst sowohl unterstützende IT-Systeme als auch Methoden, Prozesse und Organisationsstrukturen. PLM ist nicht zu verwechseln mit Produktdatenmanagement (PDM), auch wenn dieses System in der Regel eine zentrale Rolle in der Umsetzung spielt, um damit alle Daten, die bei der Entwicklung, Produktion, Lagerhaltung und dem Vertrieb eines Produkts anfallen, einheitlich zu speichern, zu verwalten und abzurufen. Im Idealfall greifen alle Bereiche bzw. Systeme, die mit einem Produkt in Berührung kommen, auf eine gemeinsame Datenbasis zu: Von der Planung (PPS/ERP), Konstruktion (CAD), Berechnung (CAE) und Fertigung (CAM) bis zum Controlling, Vertrieb und Service.

PLM ist kein in sich geschlossenes System und keine käufliche IT-Lösung, sondern ein strategisches Konzept, das durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen betriebspezifisch umgesetzt werden muss.

Wichtige Tools zur Umsetzung eines PLM-Konzeptes sind PDM- und ERP-Systeme, die den Großteil der anfallenden und zu verwaltenden Daten und Prozesse aufnehmen. Weitere wichtige Komponenten sind das Supply Chain Management (SCM) und das Kundenbeziehungsmanagement (CRM)



Mit diesen spezifischen Umsetzungen ist es auf Seiten des Maschinenbaues gelungen keine Branchenspezifische aber eine Firmenspezifische Integration der Planungs- Bau- und Nutzungskonzepte durchzusetzen.

Dies führte auf Seiten der Bauindustrie zu einer Aufstellung eines Konzeptes zur Umsetzung von dem stark durch die IFC getragenen BIM Gedankens, das die Vorteile des IFC nutzt ohne die Nachteile in Kauf zu nehmen. Gleichzeitig soll durch eine gemeinsame Forderung der Bauindustrie an ein PLM System für das Bauwesen eine Normierung der Grundsystemarchitektur sowie der Grundarbeitsweise erreicht werden.

Der Begriff **Building Information Modeling** (BIM) bezeichnet dabei eine Gebäudedaten-Modellierung die aufgrund der Entstehungsgeschichte noch sehr im Architektenentwurf verhaftet ist und deshalb mit der Forderung der Bauindustrie auf alle Phasen des Lebenszyklus des Gebäudes ausgeweitet wird. Gleichzeitig ist der Grundansatz dieses PLM für Bauwesen nicht allein auf einen IFC – Standard beschränkt sodass die Integration von neu entstehenden Randbedingungen wie:

- Energieeffizienz
- „green footprint“
- Komfort eines Gebäudes
- Hohe Flexibilität
- Datenintegration eines Gebäudes in eine Bebauung / Städteplanung

besser umgesetzt werden können, da die dafür neuen Prozesse – digitalen Planungswerkzeuge – Datenmengen schneller integriert werden können.

Dieser neue Ansatz wird im Bauwesen zunehmend „BIM for construction industry“ oder mit dem Akronym **5D** bezeichnet da dieser Begriff die Grundelemente der neuen Arbeitsweise treffend beschreibt. Er integriert die einzelnen Prozesse des Bauwesens.

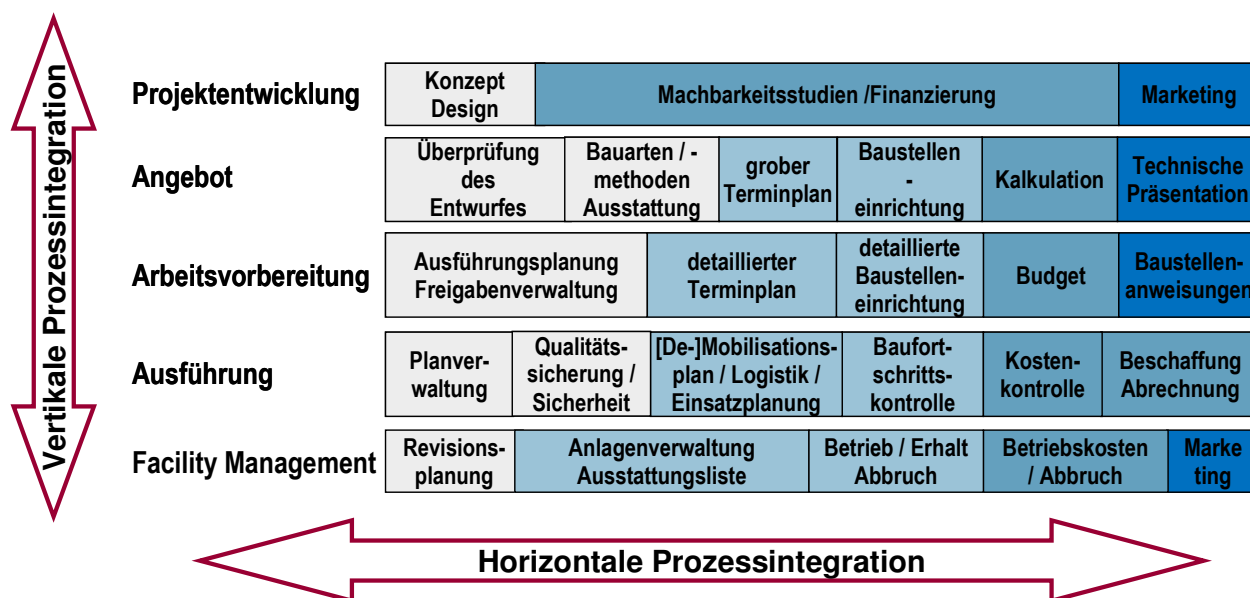


Abb. 5.1.2-4: Prozessübersicht



### **5.1.3 Beschreibung der anvisierten Plattform und der betroffenen Prozesse**

#### **5.1.3.1 Planungs- und Bauprozessbeschreibung (Lebenszyklus)**

Gegenüber dem Maschinenbau zeichnet sich das Bauwesen durch folgende Hauptmerkmale aus:

- Schon in der frühen Entwicklungsphase eines Bauproduktes<sup>1)</sup> liegen allen Prozessen die zur Beschreibung dieses Bauproduktes führen eine geometrische Definition des Bauproduktes zugrunde – oder geben diese in Teilen wieder
- Alle Baubeteiligten orientieren sich in jeder Phase des Planungs- und Bauprozesses an dieser geometrischen Definition des Bauproduktes um sich ein Bild von der zu erwartenden Maßnahme zu machen
- Die Integration der Planungs- und Bauprozesse ist in der Bauphase selbst nicht so ausgeprägt wie im Maschinenbau – dafür muss diese geringere Prozessintegration über Firmengrenzen hinweg öfter und schneller mit wechselnden Partnern jeweils für ein Produkt (Bauwerk) neu aufgesetzt werden.
- Für das Bauwesen in früher Phase relevant ist die Terminplanung der Herstellungsphase des Bauproduktes.
- Anbindung von Kostenrechnung auf Basis der geometrischen Produktdefinition und der Terminplanung ist ein wesentliches Entscheidungskriterium und muss frühzeitig in die Entwurfsphase eingebunden werden. Insbesondere bei der Anwendung neuer Technologien – die eine Erweiterung der „klassischen“ Bauweise und somit Kostensicherheit auf Basis der Erfahrung darstellen.
- Integration neuer Experten Werkzeuge in diese Arbeitsweise zur Abbildung einer die neuen Fähigkeiten eines Gebäudes abbildenden Simulation

---

1) Definition Bauprodukt im Sinne des AP05 ist ein Bauwerk des Hoch-, Tief- oder Ingenieurbauwes als Gesamtheit das wiederum durch einzelne Bauteile bestehen kann  
2) Herstellungsphase umfasst die gesamte Planungs- und Bauzeit eines Gebäudes

Der Beschreibung der Arbeitsweise 5D stützt sich deshalb auf die Prozessunterstützung durch Berücksichtigung dieser Hauptarbeitsweisen:

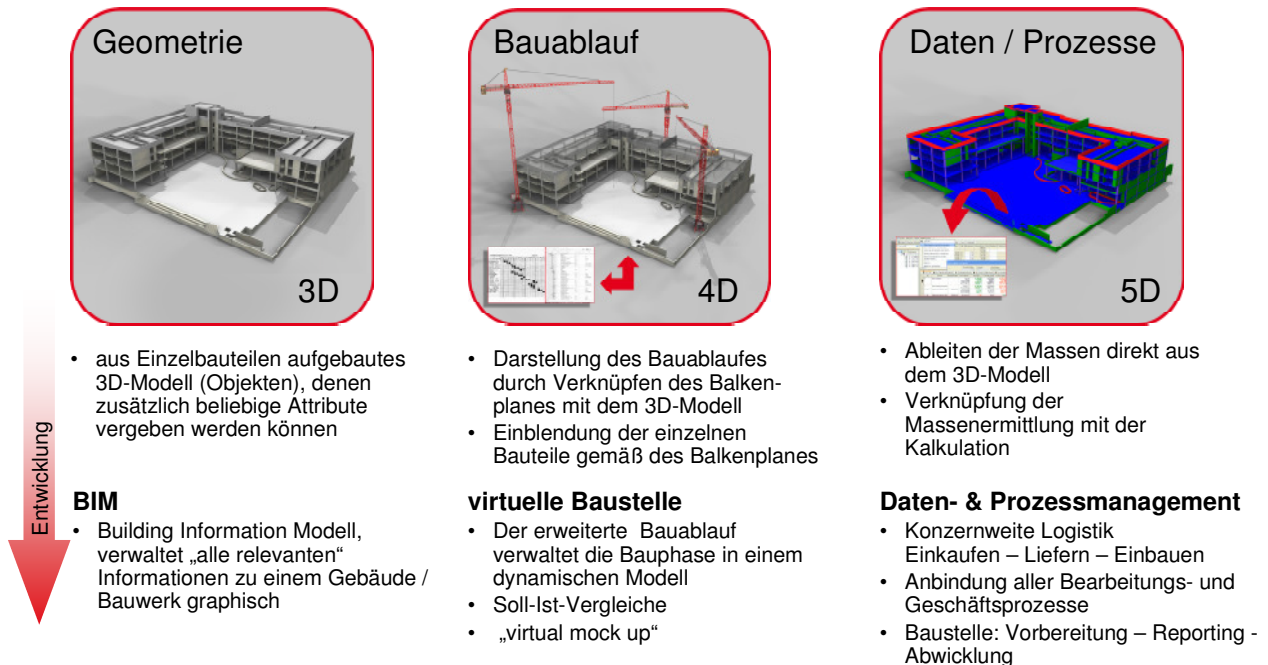
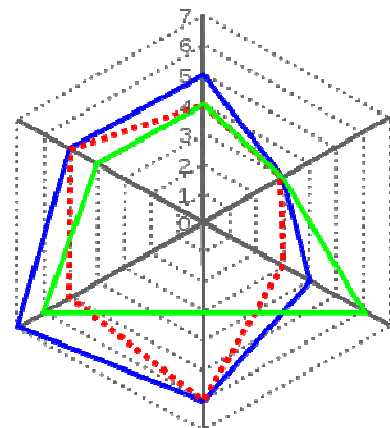


Abb. 51.3.1-1:Konzeption von 5D

Diese Hauptarbeitsweisen werden von einer Systemarchitektur unterstützt die - wie bereits erwähnt – so aufgestellt ist dass IFC zwar als standardisiertes Datenaustauschformat unterstützt wird, dass ein Modelserver abgebildet wird dieser aber nicht auf das Format und den Inhalt von IFC beschränkt bleibt sondern eine darüber hinaus einfache Integration beliebiger Tools und Methoden erlaubt

So kann ein ressourcenoptimiertes Gebäude mit neuen Anforderungen geplant und bewertet und innerhalb von verschiedenen Randbedingungen optimiert werden



### 5.1.3.2 Beschreibung der notwendigen Funktionalitäten zur Umsetzung der Innovationsplattform

Die im Vorfeld beschriebenen Anforderungen sind von ZÜBLIN für das Bauwesen allgemein definiert worden. Wie in der mechanischen Industrie wird sich eine „LifeCycle“ Betrachtung auf das Produkt – hier Gebäude – durchsetzen da das Gebäude (wie das Produkt) Kosten und Nutzen innerhalb eines Lebenszyklus entwickelt. War bisher der Produktionsprozess darauf ausgelegt mit günstigsten Verfahren eine genormte Funktion nach statischer Anforderung und Klimaschutz zu erfüllen treten jetzt auch die Auswirkungen dieses Gebäudes und seines Produktionsprozesses auf die Umwelt wie auch das Nutzen der Umwelt in den Vordergrund.

Integration dieser zusätzlichen Sichten auf das Gebäude und eines Produktionsprozesses kann nur in einer modellbasierten Sicht erreicht werden. Zur konsequenten Umsetzung einer modellbasierten Arbeitsweise auf der Innovationsplattform wird wie in Abschnitt 5.2.0.0 hergeleitet die folgende Systemarchitektur vorgeschlagen.

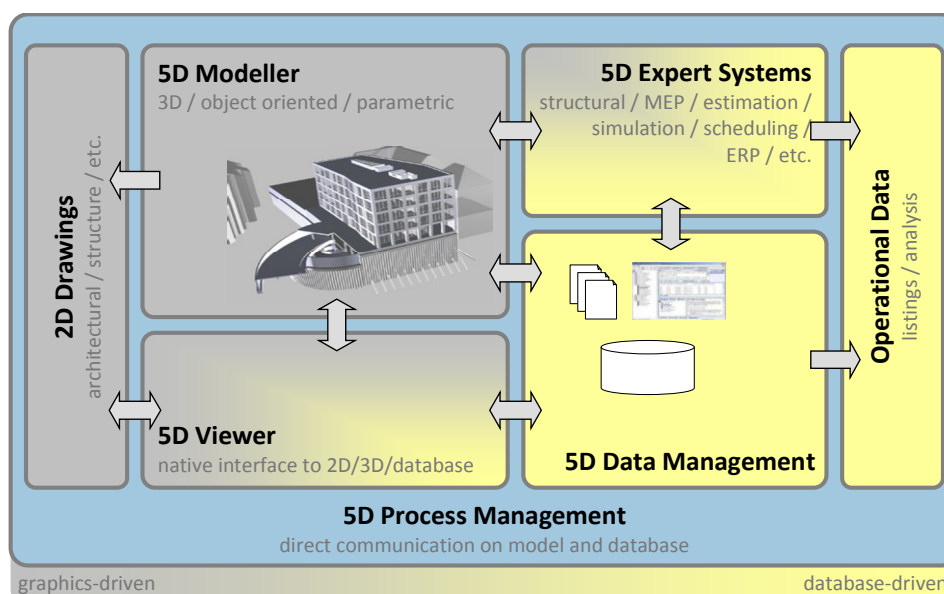


Abb. 5.1.3.2-1: Systemarchitektur als Gesamtbild

Die Funktionalitäten der einzelnen Komponenten werden nachfolgend aufgeführt:

#### (1) Konstruktions- und Entwurfswerkzeug zur Erstellung von 3D-Modellen

- Dieses Werkzeug bietet eine Benutzungsoberfläche, die eine umfassende und schnelle Generierung beliebiger dreidimensionaler Modelle einschließlich aller notwendigen semantischen Informationen ermöglicht.

- Es unterstützt eine bauteilorientierte Strukturierung des dreidimensionalen Modells und erzeugt zur eindeutigen Identifizierung der Informationseinheiten (Bauteilobjekte) eine sogenannte GUID (Globally Unique Identifier).
- Das dem Werkzeug zu Grunde liegende Datenmodell erlaubt weiterhin eine beliebige, übergeordnete Gruppierung von Bauteilen (ebenfalls mit einer GUID) und ermöglicht eine Darstellung in unterschiedlichen Detaillierungsstufen.
- Parametrische 3D-Modelle enthalten sowohl Parameter zur einfachen Definition und Anpassung von Bauteilobjekten als auch zur Beschreibung der Abhängigkeiten der einzelnen Bauteilobjekte untereinander. Das 3D-Modellierungswerkzeug ermöglicht die entsprechende Parametrisierung der Bauteilobjekte und deren Abhängigkeiten.
- Die Innovationsplattform bietet die Möglichkeit, verschieden Sichten auf alle Produktdaten zu erzeugen und ermöglicht es darüber hinaus, geometrische Informationen und externe Informationen in angeschlossenen Datenbanken zusammenzuführen.
- Der Zugriff auf die Eigenschaften und Parameter der Bauteilobjekte soll sowohl über das 3D-Konstruktions- / 3D-Modellierungswerkzeug selbst als auch über eine angeschlossene Datenbank möglich sein.
- Das Werkzeug kann die Bauteilobjekte aller Gewerke des Bauwesens mit der erforderlichen Planungstiefe und Ausführungstiefe darstellen, um geometrische Konflikte überprüfbar zu machen.
- Das Werkzeug enthält einen generischen Bauteilkatalog für Produkte der Zuliefererindustrie und firmenspezifische Lösungen, der den Benutzern einen raschen Einstieg und eine frühe Produktivität ermöglicht.
- Das Werkzeug biete neue leistungsfähige Schnittstellen zum Austausch von dreidimensionalen Bauwerksmodellen, die folgenden Mindestanforderungen genügen:
  - o Exportschnittstellen mit Ausfilterung bestimmter Teilmodelle (z.B. Bauteilobjekte je Stockwerk oder Bauabschnitt), Anwendungssichten (z.B. Informationen für Kalkulation und Abrechnung, TGA, Architektur) oder nach Parametertypen (z.B. alle Türen mit der Feuerschutzklasse F90).
  - o Importschnittstellen mit Update, Zusammenführung, Versionierung und Validierung bestimmter Teilmodelle (z.B. Bauteilobjekte je Stockwerk oder Bauabschnitt), Anwendungssichten (z.B. Informationen für Kalkulation und Abrechnung) oder nach Parametertypen (z.B. alle Türen mit der Feuerschutzklasse F90).
- Das Werkzeug hat 2D-Schnittstellen für die Übergabe der Randbedingungen (Kanten) für die Detailpläne (Werkpläne) der bauspezifischen Anforderungen wie Architekten-,

Schal-, Bewehrungs-, Fertigteil-, Stahlbau-, Ausbau und Haustechnikpläne. Der Bezug zum original Bauteilobjekt bleibt über eine GUID erhalten.

- Das Werkzeug muss offene, zertifizierte Industriestandards vollständig unterstützen. Dies betrifft sowohl Standards innerhalb der Bauindustrie als auch anderer Industriezweige.
- Für die verwendeten Datenformate ist eine Zulassung für die Archivierung anzustreben.

### (2) Datenmanagement

- Das Datenmanagement verwaltet dynamisch alle relevanten Datensätze (Geometrie, Attribute, Spezifikationen etc.) auf Grundlage einer Eindeutigen globalen ID. Sie erlaubt Versionisierungen und eine nachvollziehbare Abbildung der Entstehungsgeschichte.
- Das Datenmanagement für das Bauwesen ist mit dem 3D-Modellierungswerkzeug verknüpft und kann geometrische Objektinformationen, Eigenschaften, Parameter, Abhängigkeiten und unterschiedliche Typen von Kommentaren verwalten.
- Das Datenmanagement ist projektorientiert aufgebaut und ist für den kontrollierten Zugriff verschiedener Teilnehmer über Intranet / Internet konfigurierbar.
- Das Datenmanagement erlaubt die Nutzung der Projektdaten zur automatisierten Erzeugung einer Projektdokumentation, z.B. Projektstatusberichten, Aufgabenlisten etc.
- Das Datenmanagement erlaubt projektübergreifendes Reporting und unterstützt die unternehmensweite Zusammenarbeit.
- Das Datenmanagement unterstützt Industriestandards zur Datenanbindung und Synchronisierung mit ERP Systemen.
- Das Datenmanagement interagiert direkt mit den prozessspezifischen Expertensystemen für die Kalkulation, Terminplanung, Simulation etc.

### (3) Viewer

Der Viewer ist die zentrale grafische Nutzerschnittstelle zum 3D-Modell und zum Datenmanagement. An den Viewer werden die folgenden Anforderungen gestellt:

- Integrierte Visualisierung von grafischen und alphanumerischen Produkt- und Projektdaten
- Erzeugung von unterschiedlichen, rollenabhängigen Datensichten
- Darstellung von Konstruktions- und Ausstattungselementen aller Gewerke mit dem für die jeweiligen Prozessschritte notwendige Detaillierungsgrad
- Unterstützung von Kollisionserkennung
- Unterstützung von dynamischen Datenabfragen (Filterung nach Bauteilen, Attributen, Datenbankabfragen)

- Generierung einer vollständigen Projektdokumentation und -auswertung mit unterschiedlichen Detaillierungsgraden (z.B. Statusberichte, Aufgabenlisten etc.)
- Die dem Anwender zur Verfügung stehenden Funktionalitäten des Viewers sind auf die jeweilige Rolle des Anwenders abgestimmt.

#### (4) Expertensysteme

Expertensysteme sind die prozessspezifischen Bausoftwaressysteme (Kalkulation, Terminplanung, Simulation, ERP, Statik etc.). Über das Prozessmanagement sind sie mit dem Datenmanagement verknüpft.

#### (5) Prozessmanagement

Das Prozessmanagement stellt die Interaktion der vier vorgenannten Komponenten sicher.

- Das 3D-Modellierungswerkzeug und das Werkzeug zum Datenmanagement haben offene und gut dokumentierte Schnittstellen, um mit den prozessspezifischen Bausoftwarelösungen (Expertensysteme) zu kommunizieren.
- Rechtssichere Mechanismen der digitalen Unterschrift und ein zertifiziertes Archivierungsformat für die dreidimensionalen Bauwerksmodelldaten, die externen Datenbestände und die Prozessdokumentation sind erforderlich.
- Workflowsysteme müssen eingebunden werden können und offene Standards sind zu unterstützen. Eine graphische Benutzeroberfläche ermöglicht die Erzeugung, Modifikation und Kontrolle eines Workflows zwischen Beteiligten, Datenbanken und Prozessen in der Projektabwicklung. Der Workflow ist dynamisch an das jeweilige Projektorganisations- bzw. Vergabemodell (Planungspartner I ARGE) anpassbar und unterstützt somit eine Vermeidung von bilateraler E-Mail Kommunikation.

#### **5.1.3.3 Informations- und Datentransfermöglichkeiten zwischen den Werkzeugen**

Wird in den obigen Kapiteln die erforderliche Funktionalität der einzelnen Hauptkomponenten, so können diese nur dann effektiv als Arbeitsweise definiert werden wenn in ausreichendem Informationsfluss zwischen den Applikationen gewährleistet ist.

Um eine durchgängige Informations- und Datentransfermöglichkeit zwischen den Werkzeugen zu erhalten, bedarf es einer zentralen Datenbank, die eine bidirektionale Integration von Expertensystemen erlaubt.

Ziel ist es ein Building-Lifecycle-Management-System (BLM) zu schaffen, welches die Werkzeuge nicht nur als Standalone Werkzeuge anbindet, sondern komplett in das BLM integriert, sodass durchgängige Prozesse definiert und abgebildet werden können. Um einen transparenten und konsistenten Informations- und Datentransfer zu erhalten, ist an das BLM

eine Workflow-Komponente gekoppelt, welche die Informationen zielgerichtet reversioniert dem Anwender zur Verfügung stellt.

Die Kommunikation der einzelnen Komponenten erfolgt über eine zentrale Datenbank die die Ergebnisse von erzeugenden Systemen verwaltet und diese Ergebnisse Expertensystemen zum durchführen der spezialisierten Berechnungen bereitstellt. Die Ergebnisse dieser Berechnungen stehen wieder zentral in der Datenbank und werden über den Viewer graphisch dargestellt und/oder in Datenauszügen.

#### Beispiel für den Informations- und Datentransfer zwischen BIM, Kalkulation und Terminplanung über eine Kollaborationsplattform

- BIM erzeugt Geometrie und Metadaten durch Modellierung auf Basis von Kalkulations- und Berechnungstemplates für ein Gebäudemodell
- Das BIM erzeugt in der Verbindung mit dem BLM eine eindeutige Element-ID, welche den Bauteilen und Elementen zugewiesen werden und nicht verändert werden können.
- Diese Eindeutigkeit der Dokumente ist notwendig um eine Durchgängigkeit der Prozesse zu erhalten
- Die Kalkulationssoftware bedient sich nun der aktuellen Version des Gebäudemodells und importiert die Geometrie- und Metadaten welche in dem BLM gespeichert sind
- Durch eine Kalkulations-Bemusterung der Bauteile wird nun eine Verbindung, zwischen dem BIM und der Kalkulationssoftware hergestellt und eine Berechnung kann erfolgen
- Durch die Workflow-Engine des BLM ist gewährleistet, dass nur aktuelle Daten in die Kalkulation übernommen werden
- Die berechnete Kalkulation wird bauteilbezogen in dem BLM abgelegt und kann nun wiederum weiteren Expertensystemen zur Verfügung gestellt werden.
- Durch die Verknüpfung von Bauteilen mit dem Terminplan in der 4D-Software (z.B. Synchro) wird eine bauphysikalische Verbindung zwischen 3D, Kalkulation und Terminplanung hergestellt.
- Durch die Eindeutigkeit der Bauteile und der nun vorhandenen Verknüpfung kann ein Ressourcen-Transfer von der Kalkulation und der Terminplanung erfolgen
- Somit stehen in der Terminplanungssoftware nun die entsprechenden Ressourcen der Kalkulationssoftware zu Verfügung und kann für Berechnungen verwendet werden
- Die Ergebnisse werden nun in dem BLM gespeichert und kann weiteren Expertensystem zur Verfügung stehen

- Der 5D-Viewer dient als grafisches Frontend, über welchen beliebige Reports aus dem BLM abgerufen werden können und unterschiedlich Varianten und Zustände untersucht werden können. Ziel ist es, hieraus Aufgaben zu generieren und über das BLM zu verteilen.

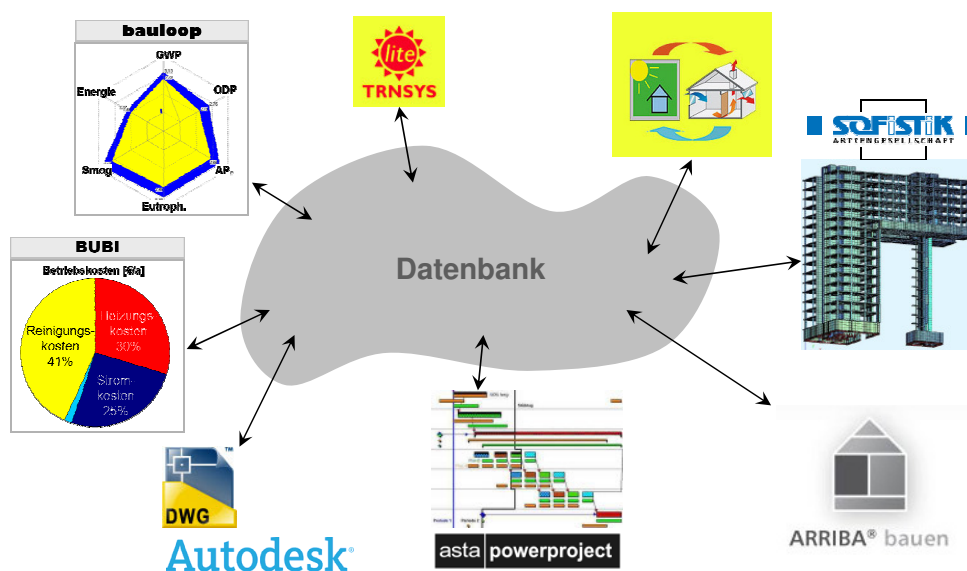


Abb. 5.1.3.2-1: Anbindung existenter Lösungen and die zentrale Datenbank (Auszug)



## 5.1.4 Entwicklung von durchgängigen Planungstools für die Plattform

### 5.1.4.1 Analyse & Bewertung existenter Werkzeuge (Tools) – IST-Zustand

Die Analyse und Bewertung existenter Werkzeuge basiert auf den Anforderungen an die Durchgängigkeit der Planungstools und deren Integration in die Systemarchitektur.

Bewertet werden Werkzeuge zum heutigen Entwicklungsstand welche in der Kollaborationsplattform integriert werden sollen.

Die Matrix zeigt auf in welchem Anwendungsbereich die Werkzeuge heute einsetzbar sind und wie sie in die Plattform integrierbar sind.

| Hersteller        | Produkt                               | Version | Typ                       | Beschreibung  |
|-------------------|---------------------------------------|---------|---------------------------|---|
| Synchro           | Synchro Professional                  | 3.11    | 4D                        | Terminplanung 4D  |
| Autodesk          | Navisworks Manage                     | 2010    | 4D, Viewer, Kollisionsk.  | 4D-Terminplanung, Kollisionskontrolle, Anim.                      |
| Vico              | Constructor, Estimator, 5D-Pres., ... | 2008    | 5D                        | 3D, 4D, 5D  |
| Vico              | Take Off Manager                      | 2009    | 5D                        | QTO für Tekla, ArchiCAD, IFC, Revit                               |
| RIB               | iTWO                                  | 1.2     | AVA, 5D                   | 5D-Software   |
| AMV               | Steelworks                            | 2009    | CAD                       | 3D-BIM für Stahlbau auf Solidworks                                |
| Autodesk          | Revit Architecture                    | 2010    | CAD                       | 3D-BIM für AEC  |
| Autodesk          | Revit Structure                       | 2010    | CAD                       | 3D-BIM für Tragwerksplanung                                       |
| Autodesk          | Revit MEP                             | 2010    | CAD                       | 3D-BIM für TGA-Planung und Berechnung                             |
| Autodesk          | AutoCAD Architecture                  | 2010    | CAD                       | 2D/3D-CAD für AEC   |
| Autodesk          | AutoCAD MEP                           | 2010    | CAD                       | 2D/3D für TGA-Planung   |
| Autodesk          | Civil 3D                              | 2010    | CAD                       | 3D Geländemodell  |
| Autodesk          | Inventor                              | 2010    | CAD                       | parametrisches 3D-MCAD  |
| Autodesk          | AutoCAD Structural Detailing          | 2010    | CAD                       | 2D/3D-CAD für die Tragwerksplanung                                |
| Dassault Systemes | Solidworks                            | 2010    | CAD                       | parametrisches 3D-MCAD  |
| Dassault Systemes | Catia                                 | V6      | CAD                       | parametrisches 3D-MCAD  |
| Gehry Technology  | Digital Project                       | V1, R4  | CAD                       | 3D-BIM für AEC  |
| Graitec           | Advance Massivbau                     | 2009    | CAD                       | 3D-Tragwerksplanung auf AutoCAD                                   |
| Graitec           | Advance Stahlbau                      | 2009    | CAD                       | 3D-Stahlbau auf AutoCAD   |
| Graphisoft        | ArchiCAD                              | 2009    | CAD                       | 3D-BIM für AEC  |
| Nemetschek        | Allplan                               | 2009    | CAD                       | 3D-BIM für AEC  |
| Nemetschek        | Allplan Precast                       | 2009    | CAD                       | Fertigteilverwaltung auf Basis Allplan                            |
| Siemens PLM       | UGS                                   | 6       | CAD                       | parametrisches 3D-MCAD  |
| Solidace          | BuildWorks                            | 2010    | CAD                       | 3D-BIM für Stahlbau auf Solidworks                                |
| Structureworks    | Precast                               | 2010    | CAD                       | 3D-Fertigteilverwaltung auf Solidworks                            |
| Tekla             | Structure                             | 15      | CAD                       | 3D-CAD für Stahl-, Massiv- und Fertigteile                        |
| Inteco            | Saprima                               | 1       | Datenmanagement           | Integrationsplattform und Datenmanagement                         |
| Tekla             | Construction Management               | 15      | Datenmanagement           | Datenmanagement und 4D für Tekla und IFC                          |
| Autodesk          | Quantity Take Off                     | 2010    | Mengenermittlung          | DWF-basierende Mengenermittlung                                   |
| Nemetschek        | BCM Mengen                            | 2009    | Mengenermittlung          | Mengenermittlung für Allplan                                      |
| Onetools          | BuildingOne                           | 2008    | Mengenermittlung          | Revitbasierende Mengenermittlung                                  |
| Dassault Systemes | Solidworks Enterprise PDM, D2M3       | 2010    | PDM                       | Datenmanagement und Workflow für SWX und beliebige Dateien        |
| Dassault Systemes | Enovia - PLM 2.0                      | V6      | PLM                       | PLM-System  |
| Siemens PLM       | Teamcenter                            | 7       | PLM                       | PLM-System  |
| Autodesk          | Ecotect                               | 2010    | Simulation Energetisch    | Berechnung von Energieeffizienz und Nachhaltigkeit                |
| Dassault Systemes | Solidworks Simulation                 | 2010    | Simulation FEM, Strömung  | Simulation für FEM, Strömung und Dynamik basierend auf Solidworks |
| Autodesk          | Design Review - DWF                   | 2010    | Viewer                    | DWF-Viewer mit Redlining  |
| Adobe             | Acrobat Pro Extended                  | 9       | Viewer, Technische Dokum. | Technische Dokumentation 3D-basierend                             |
| Dassault Systemes | 3D Via Composer                       | 2010    | Viewer, Technische Dokum. | Technische Dokumentation 3D-basierend                             |
| Right Hemisphere  | Deep Exploration                      | 6       | Viewer, Technische Dokum. | Technische Dokumentation 3D-basierend                             |

Abb. 5.1.4.1-1: Ausschnittsweise Systemübersicht (Systeme die gekoppelt werden sollen)



| Produkt                            | Typ            | Design | Massivbau | Fertigteillbau | Stahlbau | Tiefbau | Digitales Geländemodell | Ausbau | Brückenbau | Tunnelbau | TGA | 3D | 4D | 5D | Energiebedarfsanalyse / Nachhaltigkeit | Simulation Berechnung | Kollisionskontrolle | 3D-Dokumentation | 2D-Zeichnungserstellung | Mengenmittlung/ Reports | Metadaten/Attribute | Angebotsphase | Ausführungsplanung | Datenbank | Datenbankanbindung | Workflow | API |
|------------------------------------|----------------|--------|-----------|----------------|----------|---------|-------------------------|--------|------------|-----------|-----|----|----|----|--|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|-----------|--------------------|----------|-----|
| Constructor, Estimator, 5D-Pres... | 5D             | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Take Off Manager                   | 5D             | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| ITWO                               | AVA, 5D        | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Quantity Take Off                  | Mengenmittlung | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| BCM Mengen                         | Mengenmittlung | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| BuildingOne                        | Mengenmittlung | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |

Abb. 5.1.4.1-5: Übersicht und Bewertung von 5D-Software, AVA, Mengenermittlung

| Produkt                         | Typ | Design | Massivbau | Fertigteillbau | Stahlbau | Tiefbau | Digitales Geländemodell | Ausbau | Brückenbau | Tunnelbau | TGA | 3D | 4D | 5D | Energiebedarfsanalyse / Nachhaltigkeit | Simulation Berechnung | Kollisionskontrolle | 3D-Dokumentation | 2D-Zeichnungserstellung | Mengenmittlung/ Reports | Metadaten/Attribute | Angebotsphase | Ausführungsplanung | Datenbank | Datenbankanbindung | Workflow | API |
|---------------------------------|-----|--------|-----------|----------------|----------|---------|-------------------------|--------|------------|-----------|-----|----|----|----|--|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|-----------|--------------------|----------|-----|
| Solidworks Enterprise PDM, D2M3 | PDM | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Enovia - PLM 2.0                | PLM | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Teamcenter                      | PLM | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |

Abb. 5.1.4.1-6: Übersicht und Bewertung von PLM/PDM-Systemen

| Produkt               | Typ                      | Design | Massivbau | Fertigteillbau | Stahlbau | Tiefbau | Digitales Geländemodell | Ausbau | Brückenbau | Tunnelbau | TGA | 3D | 4D | 5D | Energiebedarfsanalyse / Nachhaltigkeit | Simulation Berechnung | Kollisionskontrolle | 3D-Dokumentation | 2D-Zeichnungserstellung | Mengenmittlung/ Reports | Metadaten/Attribute | Angebotsphase | Ausführungsplanung | Datenbank | Datenbankanbindung | Workflow | API |
|-----------------------|--------------------------|--------|-----------|----------------|----------|---------|-------------------------|--------|------------|-----------|-----|----|----|----|--|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|-----------|--------------------|----------|-----|
| Ecotecl               | Simulation Energetisch   | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Solidworks Simulation | Simulation FEM, Strömung | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |

Abb. 5.1.4.1-7: Übersicht und Bewertung von Simulationsprogrammen

| Produkt              | Typ                       | Design | Massivbau | Fertigteillbau | Stahlbau | Tiefbau | Digitales Geländemodell | Ausbau | Brückenbau | Tunnelbau | TGA | 3D | 4D | 5D | Energiebedarfsanalyse / Nachhaltigkeit | Simulation Berechnung | Kollisionskontrolle | 3D-Dokumentation | 2D-Zeichnungserstellung | Mengenmittlung/ Reports | Metadaten/Attribute | Angebotsphase | Ausführungsplanung | Datenbank | Datenbankanbindung | Workflow | API |
|----------------------|---------------------------|--------|-----------|----------------|----------|---------|-------------------------|--------|------------|-----------|-----|----|----|----|--|-----------------------|---------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------------|-----------|--------------------|----------|-----|
| Synchro Professional | 4D                        | .      | .         | .              | .        | .       | .                       | .      | .          | .         | .   | .  | .  | .  | .                                      | .                     | .                   | .                | .                       | .                       | .                   | .             | .                  | .         | .                  | .        | .   |
| Navisworks Manage    | 4D, Viewer, Kollisionsk.  | ++     | ++        | ++             | ++       | ++      | ++                      | ++     | ++         | ++        | ++  | ++ | ++ | ++ | ++                                     | ++                    | ++                  | ++               | ++                      | ++                      | ++                  | ++            | ++                 | ++        | ++                 | ++       | ++  |
| Design Review - DWF  | Viewer                    | +      | +         | +              | +        | +       | +                       | +      | +          | +         | +   | +  | +  | +  | +                                      | +                     | +                   | +                | +                       | +                       | +                   | +             | +                  | +         | +                  | +        | +   |
| Acrobat Pro Extended | Viewer, Technische Dokum. | +      | +         | +              | +        | +       | +                       | +      | +          | +         | +   | +  | +  | +  | +                                      | +                     | +                   | +                | +                       | +                       | +                   | +             | +                  | +         | +                  | +        | +   |
| 3D Via Composer      | Viewer, Technische Dokum. | +      | +         | +              | +        | +       | +                       | +      | +          | +         | +   | +  | +  | +  | +                                      | +                     | +                   | +                | +                       | +                       | +                   | +             | +                  | +         | +                  | +        | +   |
| Deep Exploration     | Viewer, Technische Dokum. | +      | +         | +              | +        | +       | +                       | +      | +          | +         | +   | +  | +  | +  | +                                      | +                     | +                   | +                | +                       | +                       | +                   | +             | +                  | +         | +                  | +        | +   |

Abb. 5.1.4.1-8: Übersicht und Bewertung von 4D-Software und Viewer/3D-Technische Dokumentation

#### **5.1.4.2 Beschreibung der Systeme**

##### Dassault Systèmes Catia

Die CAD-Software CATIA, ist mehr als nur eine 3D CAD-Software. Mit dem vollen Funktionsumfang von CATIA lässt sich der gesamte Produktentwicklungszyklus abdecken. So versteht sich CATIA als vollwertige PLM-Lösung. Ursprünglich für den Flugzeugbau entwickelt, wird es vor allem auch im Fahrzeugbau, nicht zuletzt wegen seiner leistungsstarken Flächenkonstruktionstools eingesetzt. Zunehmend findet Sie Software Ihren Einsatz für geometrisch anspruchsvolle Bauwerke.

##### Dassault Systèmes Solidworks

Solid Works ist eine weltweit, vor allem im Maschinenbau, Blechverarbeitung, Werkzeug- und Anlagenbau stark verbreitete CAD-Software, die vor allem durch Benutzerfreundlichkeit überzeugt. Die Bedienung ist einfach und sehr intuitiv. Der Schulungsaufwand ist verhältnismäßig gering.

##### Autodesk Inventor

Eingesetzt wird Inventor hauptsächlich im Maschinenbau, Werkzeug-, und Anlagenbau. Das Grundpaket bietet die üblichen Werkzeuge zur parametrischen Teilemodellierung und einfachen Blechbearbeitungen. Erweiterungen, wie Schweiß-, Kabel- und Leitungsmodule sowie FEM-Analyse und Kinematik Tools sind erhältlich.

#### **5.1.4.3 5D / 3D-Modell – Virtuelles Bestandsgebäude**

Parallel zur Datenerhebung der Nullmessung wurde zur Evaluierung der bestehenden CAD Systeme als Modeller innerhalb der geforderten neuen Arbeitsweise 5D ein Bestandsgebäude als virtuelles Gebäude modelliert. Als 5D Integration in einen neuen Arbeitsprozess ist dabei die Ableitung der Mengen für die Kalkulation und die Erstellung der Ökobilanz angestrebt

Die CAD-Systeme wurden aus drei Bereichen ausgewählt:

- 1) traditionelle BAU-CAD Systeme mit ausgezeichneten 3D Eigenschaften
- 2) moderne BAU-CAD Systeme mit 3D Eigenschaften und interner Datenbankkapazität
- 3) MASCHINENBAU-CAD Systeme mit objektorientiertem Aufbau, voll parametrische Funktionalität und Anbindung an existente PLM Anwendungen

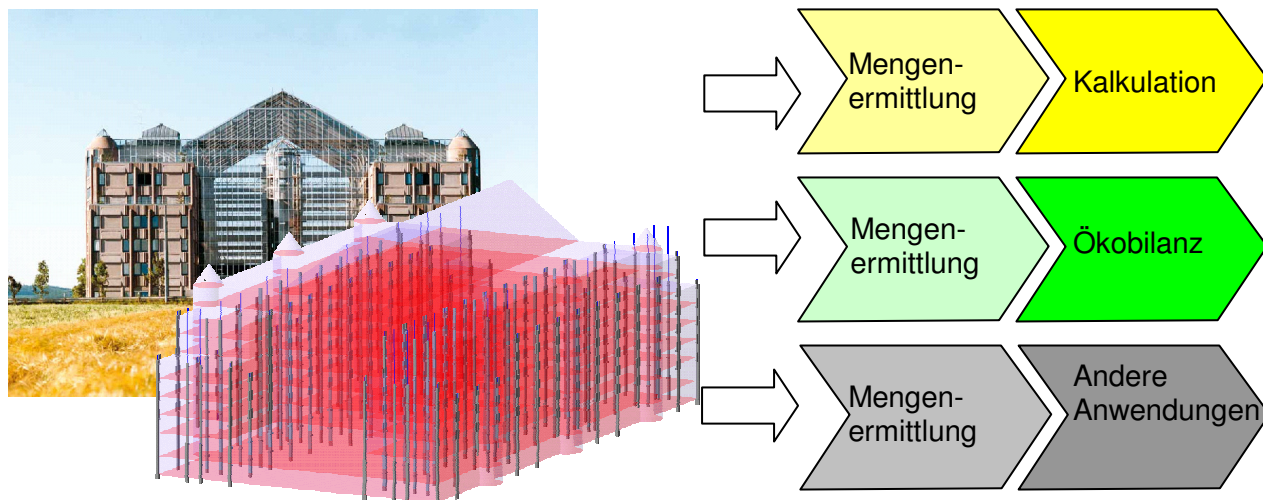


Abb. 5.1.4.3-1: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus wird in 3D modelliert

#### 5.1.4.4 Darstellung der Bestandsgebäude mit einem 3D-Gebäudemodell (Ist-Zustand)

Das Züblin-Haus wurde mit 3 verschiedenen CAD-Systeme konstruiert, die im folgenden kurz beschrieben werden. Diese Systeme werden auf ihre Eignung hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus der Nullmessung überprüft und auf Ihre Eignung als Modeller für einen 5D Prozess hin untersucht

##### CAD-System Nemetschek Allplan

ist dabei als typischer und herausragender Repräsentant für ein BAU-CAD ausgewählt worden das innerhalb der BAU-CAD die integrierte Zusammenarbeit als „round trip engineering“ versucht schon abzubilden. Gezielt werden seine Fähigkeiten der Mengenermittlung untersucht und die Integration in einen weiteren Kontext der umfassenden 5D Arbeitsweise getestet. Das Programm zeichnet sich dabei durch diese Hauptcharakteristika aus:

- abstrahierte Geometriedarstellung mit vertretbarem Aufwand in der Modellierung
- auswertbares Modell (Flächen, Räume, ...)
- existente Lösungen für den Export von Mengendaten in externe Datenbanken über Listengenerierung

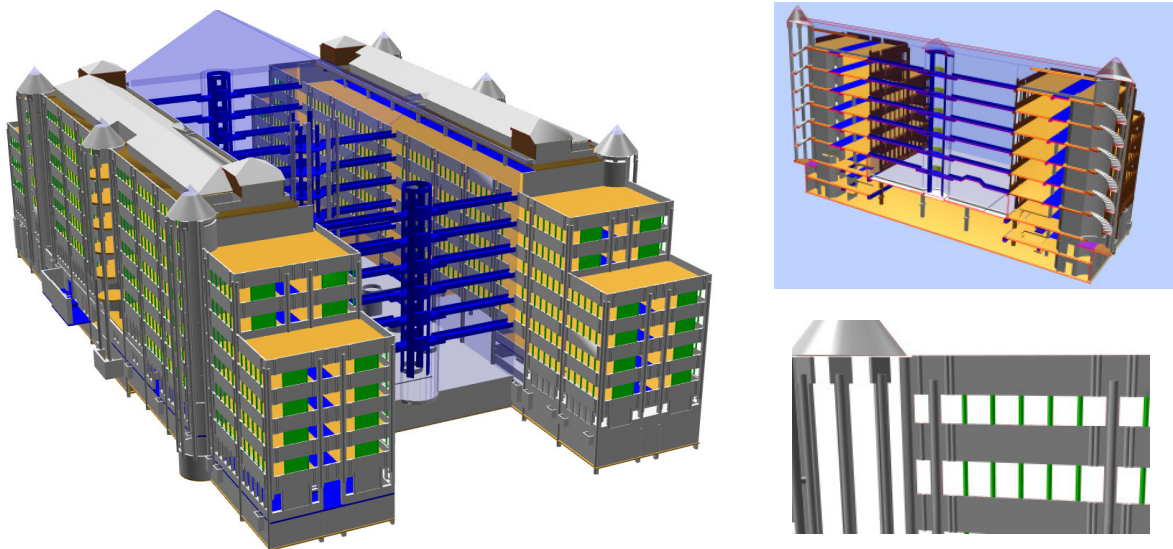


Abb. 5.1.4.4-1: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus modelliert mit Nemetschek Allplan

Die Auswertung von Gebäuden auf Basis von Nemetschek erfolgt im Wesentlichen mit zwei Systemen die jedoch in direkter Verbindung zueinander stehen. Modelliert wird das Gebäude in Allplan und wird dann zur Auswertung in das Mengenmodul BCM Mengen überspielt.

Das Gebäude wird meist mit Architekturelementen gezeichnet da man bei solchen Elementen mehr geometrische Eigenschaften auswerten kann. Somit können speziell Decken, Boden und Seitenflächen eines Elementes untersucht werden. Architekturelemente sind vorgenerierte Bauteile (Wände, Stützen, Decken) die in Allplan für eine schnellere Modellierung definiert worden sind.

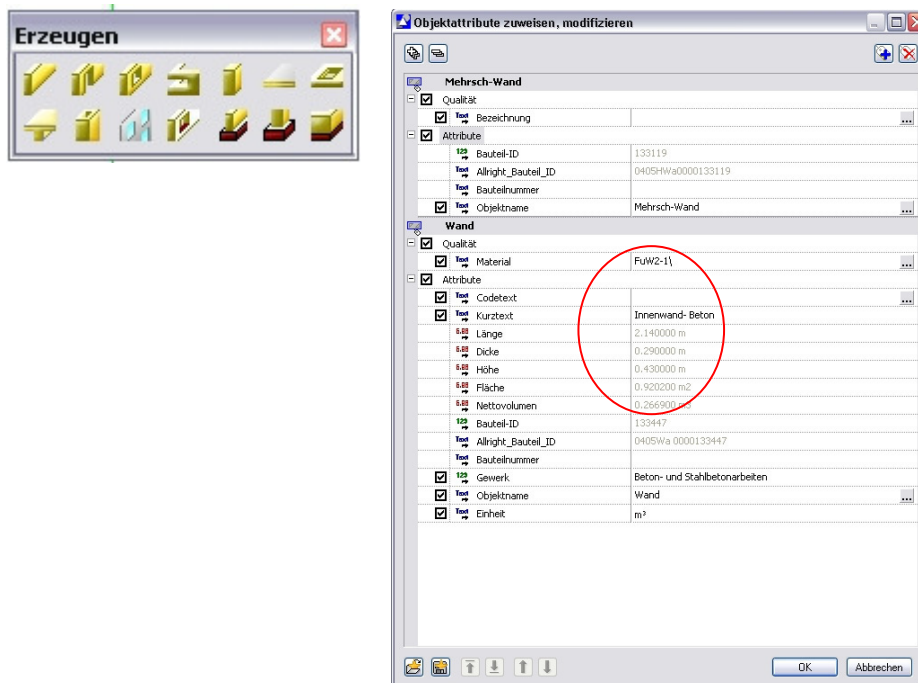


Abb. 5.1.4.4-2: Arbeiten mit Nemetschek Allplan

Bei der Erstellung des Züblin-Hauses mussten jedoch aufgrund der komplexen Geometrien Teile der Fassade mit 3D-Körpern erzeugt werden. Bei 3D-Körpern können alle gewünschten Formen kreiert werden, jedoch wirkt sich die freie Modellierung negativ auf die Abfragemöglichkeiten der einzelnen Elementteile aus (Volumen und Mantelflächen).



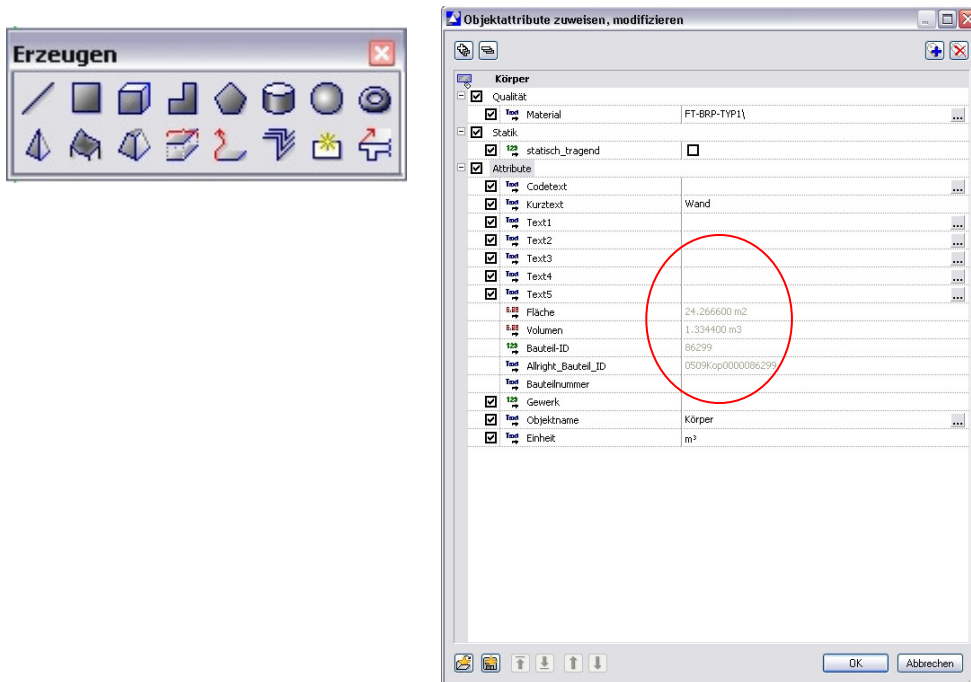


Abb. 5.1.4.4-3: Arbeiten mit Nemetschek Allplan

Durch die Kombination von Teilbild- und Layerstruktur in Allplan können in beliebigen Bereichen Bauteile ein- oder ausgeblendet werden, ohne dass das komplette Bauwerk neu generiert werden muss. Zusätzlich ermöglicht das Ebenenprinzip eine schnelle Modifikation von Höhenbezügen der Bauteile. Diese Arbeitsweise ist gerade bei großen Bauwerken von Vorteil, da sich die zu verarbeitende Datenmenge immer nur auf Bereiche konzentriert.

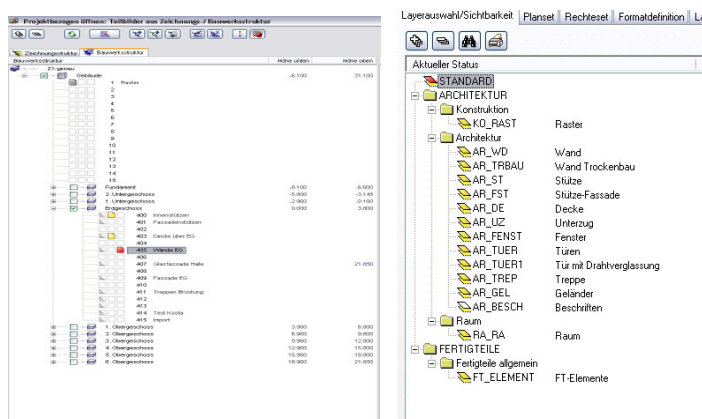


Abb. 5.1.4.4-4: Arbeiten mit Nemetschek Allplan



Frei definierbare Attribute können an jedes Element angehängt werden, die unabhängig von der Geometrie ausgewertet werden können. Das ermöglicht beispielsweise die direkte Verankerung von Bewehrungsansätzen, Bauzeiten oder bauphysikalischen Eigenschaften am Bauteil.

Die Unterscheidung der Ausbauqualitäten oder Eigenschaften verschiedener Bereiche erfolgt in Allplan durch Räume. Ein Raum ist eine zusätzliche Ummantelung von Bauteilen, die so einem Bereich zugeordnet werden. Durch die Auswertung von Räumen können z.B. Büroflächen, Rauminhalte usw. ausgewertet werden.

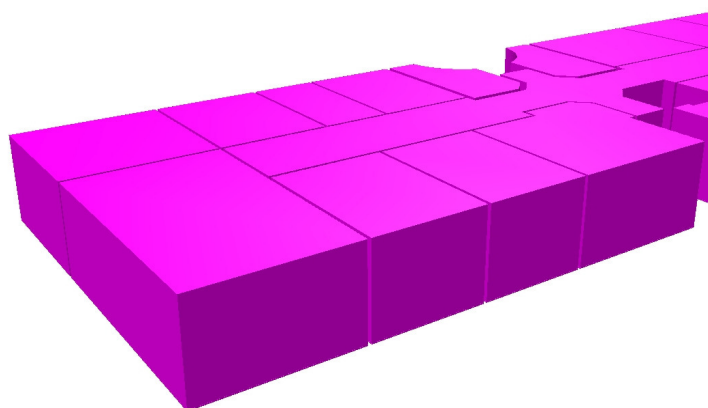


Abb. 5.1.4.4-4: Arbeiten mit Räumen Nemetschek Allplan

Die Auswertung des Gebäudes erfolgt durch die Identifizierung des Bauteils mit der Datenbank mittels eines Namens oder eines Codes, das jedem Element angehängt ist. Der Name ist die Verbindung zu den Abrechnungsregeln, die in der Datenbank hinterlegt sind.

| Struktur   | Codetext | Kurztext                                | Dim | Gewerk | Formel     |
|------------|----------|---|-----|--------|------------|
| Projekt    |          | REG-Z1- BAUTEILE                        |     |        |            |
| Element    |          | Dach                                    |     |        |            |
| Element    | FD1      | Flachdach Terrasse über 03./05.OG       |     | 000    |            |
| Pos.       | 010101   | Fläche                                  | m2  | 013    | Fläche     |
| Pos.       | 010103   | Bewehrung                               | to  | 013    |            |
| Summe/Ende | FD1      | SUMME Flachdach Terrasse über 03./05.OG |     |        |            |
| Element    | FD2      | Galerie über 05.OG Glashof              |     |        |            |
| Element    | FD3      | Steldach über 06.OG Technik-Raum        |     |        |            |
| Element    | FD4      | Glasdach/Glaswand Halle                 |     |        |            |
| Summe/Ende |          | SUMME Dach                              |     |        |            |
| Element    |          | Fenster und Tür                         |     |        |            |
| Element    | FF1      | Fenster Fassade Holz                    |     |        |            |
| Pos.       | 020101   | Fläche                                  |     |        |            |
| Pos.       | 020102   | Stück                                   | m2  | 026    | Länge*Höhe |
| Pos.       | 020301   | Fläche Sonnenschutz                     |     |        |            |
| Pos.       | 020302   | Stück Sonnenschutz                      | St  | 026    | Menge      |
| Summe/Ende | FF1      | SUMME Fenster                           |     |        |            |
| Element    | FF1-1    | Fenster Fassade Holz                    |     |        |            |
| Element    | FF2      | Fenster Fassade Holz                    |     |        |            |
| Element    | TÜREN1   | Stahltüren mit D...                     |     |        |            |
| Element    | TÜREN2   | Stahltüren 01.-0...                     |     |        |            |
| Summe/Ende |          | SUMME Fenster                           |     |        |            |
| Element    |          | Opake Bauteile                          |     |        |            |
| Element    | AW1      | Außenwand zw...                         |     |        |            |

Abb. 5.1.4.4-5: Auswertung mit Nemetschek Allplan

In der Datenbank wird zwischen Elementen und Positionen unterschieden. Für jedes Bauteil im CAD muss auch ein Abrechnungselement vorhanden sein, damit die Auswertung erfolgen kann.

Ein Abrechnungselement setzt sich aus Positionen zusammen, in denen die Rechenregeln hinterlegt sind, die bestimmen, wie die Geometrie und die Attribute verarbeitet werden sollen. Mittels eines Codetextes ist jede Position mit der Auswertungsvorlage verbunden. Somit werden alle erforderlichen Mengen der richtigen Positionen zugeordnet und summiert.

| P** | Struktur    | Codetext | Pos.-Nr   | Kurztext                               | Dim  | Menge | M* | Split | Be |
|-----|-------------|----------|-----------|--|------|-------|----|-------|----|
|     | Projekt     |          |           | 01Zublin Mupro                         |      |       |    |       |    |
|     | Verzeichnis |          |           | Mupro TBK                              |      |       |    |       |    |
|     | Titel       | 0210     | 02.10     | NICHTÖFFENTLICHE ERSCHLIESSUNG         |      |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021010   | 02.10.10  | Maschineller Abbruch Stahlbeton        | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021020   | 02.10.20  | Maschineller Abbruch Mauerwerk         | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021030   | 02.10.30  | Abbruch Dach- & Fassadenverkleidung    | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021040   | 02.10.40  | Abbruch Stahlbeton im Gebäude          | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021050   | 02.10.50  | Abbruch Mauerwerk im Gebäude           | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021060   | 02.10.60  | Durchbrüche herausstemmen Stahlbeton   | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021070   | 02.10.70  | Durchbrüche herausstemmen Mauerwerk    | m3   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021080   | 02.10.80  | Hilfsunterstützungen ST 37 liefern     | t    |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 021090   | 02.10.90  | Hilfsunterstützungen ein-/ausbauen     | St   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0210100  | 02.10.100 | Staubschutzwände                       | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0210110  | 02.10.110 | Abbruch von Pflaster incl. Beseitigung | m2   |       |    |       |    |
|     | Summe/Ende  | 0210     |           | SUMME NICHTÖFFENTLICHE ERSCHLIESSUNG   |      |       |    |       |    |
|     | Titel       | 0330     | 03.30     | BESONDERE BAUAUSFÜHRUNG                |      |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033010   | 03.30.10  | Baustelleneinrichtung                  | psch |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033020   | 03.30.20  | Dichtwand                              | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033030   | 03.30.30  | eingestellte Spundwand                 | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033040   | 03.30.40  | Spundwandverbau                        | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033050   | 03.30.50  | Bohrträgerverbau mit Holzausfachung    | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033060   | 03.30.60  | Bohrträgerverbau mit Spritzbeton       | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033070   | 03.30.70  | Bohrpfähle d= 90 cm                    | m    |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033080   | 03.30.80  | Bohrpfähle d= 60 cm                    | m    |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 033090   | 03.30.90  | Bewehrung für Bohrpfähle               | t    |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0330100  | 03.30.100 | Bodenvermörtelung                      | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0330110  | 03.30.110 | Geo - Vlies                            | m2   |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0330120  | 03.30.120 | Wasserhaltung                          | psch |       |    |       |    |
|     | Pos.        | 0330130  | 03.30.130 | Injektionsbohle 8,10 m tief            | m    |       |    |       |    |

Abb. 5.1.4.4-6: Auswertungen (2) mit Nemetschek Allplan

Im Mengensplit bleibt die Verbindung jeder einzelnen Mengenzeile mit dem zugehörigen CAD-Element erhalten. Durch diese Verbindung kann in Allplan das jeweilige Element angezeigt werden, das die Menge geliefert hat.

Nemetschek bietet mit diesen Systemen eine einfache Lösung für die Abfrage von 3D-Modellen. Der Vorteil der Systeme ist die stetige Verbindung miteinander und die Möglichkeit, die Ableitungsregeln so zu gestalten, dass es für jedes Projekt angepasst werden kann.

Nachteilig sollte man dennoch den Modellbereich erwähnen, der bei komplexeren Bauwerken schnell an seine Grenzen stößt.

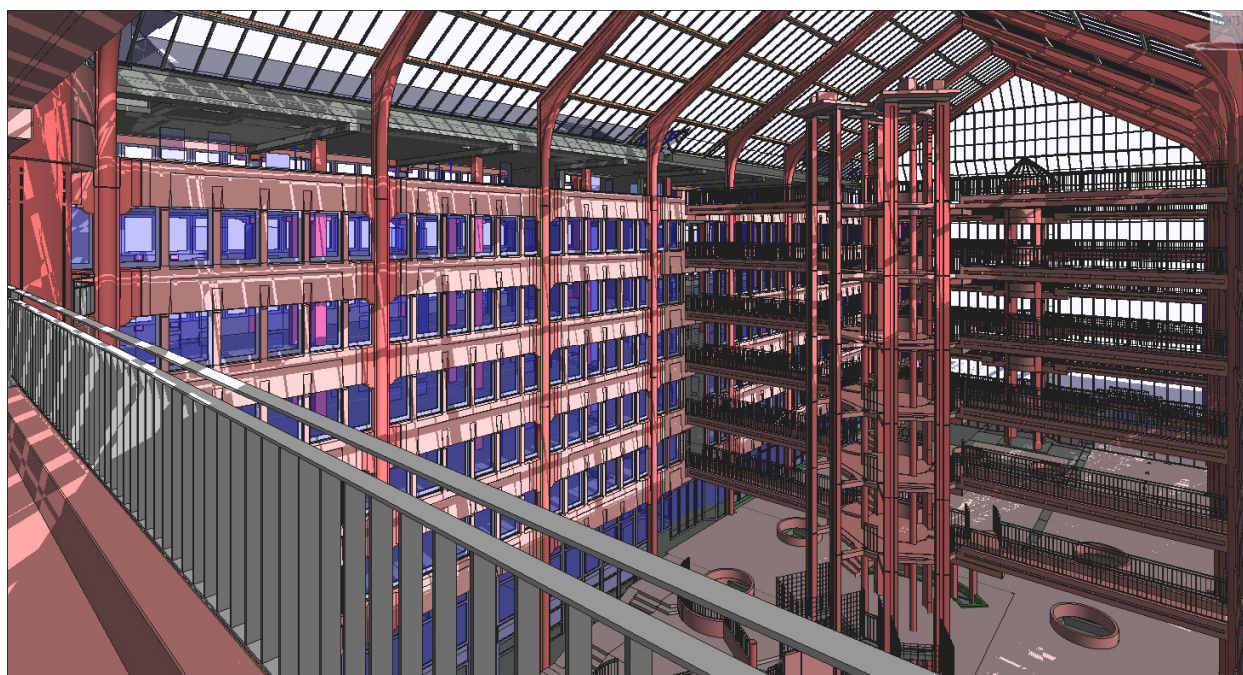
Für weiterführende Integration in ein 5D System wird der IFC Standard unterstützt – darüber hinaus abzubildende Möglichkeiten werden aber nicht unterstützt. Damit sind die Möglichkeiten die dieses System bietet auf die beschränkteren Möglichkeiten des IFC beschränkt.

### CAD-System Autodesk Revit

Folgende Gründe waren ausschlaggebend um REVIT als Vertreter für ein auf modernerer Grundbasis entwickeltes BAU-CAD System zu untersuchen. Insbesondere die zum Zeitpunkt der Forschungsarbeit geplante und zum Ende der Forschungsarbeit realisierte Anbindung von REVIT als einen Hauptmodeller für ein 5D Programmpaket RIBiTwo von RIB waren ausschlaggebend dieses System zu untersuchen.

Das Programm zeichnet sich dabei durch diese Hauptcharakteristika aus:

- exakte Geometriemodellierung aber ohne effiziente Abbildung aller Schichten (parametrischer Ansatz zu gering)
- integrierte Modelldatenbank
- gewerkeübergreifendes Modell □ verschiedene Sichten (Tragwerk / TGA) auf einem Modell
- Integration in die Kalkulation



*Abb. 5.1.4.4-7: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus modelliert mit Autodesk Revit*

Autodesk Revit ist ein elementbasiertes CAD-System. Es gibt fünf grundlegende Typen von Elementen, die den wichtigsten Bestandteilen eines Projekts entsprechen:

- Basisbauteile sind Konstruktionsbauteile wie Geschossdecken, Wände, Stützen, Dächer usw.
- Bauteile; dazu zählen alle anderen körperhaften Bestandteile des Modells, z.B. Türen, Fenster, Möbel, Sonderausstattungen.
- Ansichten sind verschiedene Anzeige- und Interaktionsmöglichkeiten in Revit. Dazu zählen Grundrisse, Deckenpläne, 3D-Ansichten, Schnitte, Ansichten und Bauteillisten.
- Bezüge sind nicht-physische Elemente, die dazu dienen, Zusammenhänge im Projekt zu verdeutlichen. Bezüge sind Ebenen, Stützenraster, Referenzebenen usw.
- Beschriftungen sind 2D-Bauteile wie Bemaßungen, Notizen, Symbole usw.

Darüber hinaus werden alle Modellelemente in Revit anhand ihrer Kategorie, ihrer Familie und ihres Typs klassifiziert.

Eine Familie ist eine Sammlung von Objekten, die Typen genannt werden. In einer Familie werden Elemente mit gemeinsamen Parametern, gleicher Verwendungsweise und ähnlicher grafischer Darstellung gruppiert. Unterschiedliche Typen innerhalb einer Familie können unterschiedliche Parameterwerte haben, aber die Parameter selbst (Name und Bedeutung) sind gleich. Alle Elemente in Revit sind familienbasiert.

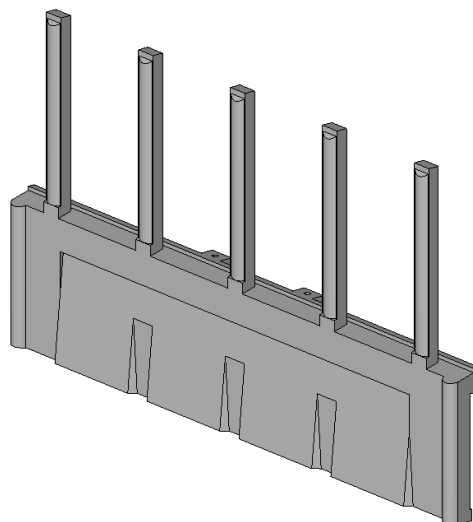
Ein Typ ist ein Mitglied einer Familie. Jeder Typ hat spezifische Parameter, die für alle im Modell enthaltenen Exemplare des Typs konstant sind. Dies sind die Typenparameter. Außerdem verfügen Typen über Exemplarparameter, die je nach Exemplar des Typs im Modell variieren können. Revit enthält eine Vielzahl vordefinierter Familien, die in Projekten genutzt werden können. In Revit können jedoch auch Familien für ein bestimmtes Projekt erstellt werden.

In Revit gibt es drei Arten von Familien: Systemfamilien, Projektfamilien und Standardbauteilfamilien. Systemfamilien sind in Revit vordefiniert und umfassen grundlegende Bestandteile eines Gebäudes wie Wände, Geschossdecken und Dächer. Zur Systemfamilie der Basiswände gehören beispielsweise Wandtypen, mit denen Stile für Innen-, Außen-, Fundament-, Trenn- und generische Wände definiert werden können. Bestehende Systemfamilien können dupliziert und geändert, neue jedoch nicht erstellt werden.

Neue Familien können als Projektfamilien oder Standardbauteilfamilien erstellt werden. Projektfamilien sind dann geeignet, wenn sie speziell für das aktuelle Projekt bestimmt sind. Sie werden direkt im Kontext der Geometrie des Projekts entworfen. Standardbauteilfamilien werden losgelöst von einem konkreten Projekt erstellt, können als separate Datei abgespeichert

werden und in beliebige Projekte geladen werden. Für die Erstellung eigener Familien stehen zahlreiche Vorlagen zur Verfügung.

Aus der recht komplexen Bauteilklassifizierung (Kategorie, Familie (Systemfamilie, Projektfamilie, Standardbauteilfamilie), Typ) erwachsen einige Einschränkungen der Modellierungsmöglichkeiten. Die Fertigteile der Fassade des Züblin-Hauses waren beispielsweise nicht als Wand modellierbar: Bei der Systemfamilie Wand kann keine komplexe Geometrie modelliert werden, Projektfamilien haben prinzipiell jeweils nur ein Exemplar im Projekt (für Fertigteile ist diese Lösung nicht praktikabel) und Standardbauteilfamilien können prinzipiell nicht für die Bauteilkategorie Wand erstellt werden. Daher wurden die Züblin-Haus-Fertigteile mit der allgemeinen Kategorie „Generisches Modell“ erstellt. Dies wiederum wirkt sich nachteilig auf die Modellierung von Räumen im Projekt aus, da Räume in Revit automatisch von umgebenden Wänden begrenzt werden. Fehlen die Wände, bzw. sind die Wände als „Generisches Modell“ modelliert, müssen die Raumbegrenzungen zusätzlich manuell erstellt werden.



*Abb. 5.1.4.4-8: Wandelement des Züblin-Hauses als „Generisches Modell“*

Die Revit-interne Datenverwaltung basiert auf einer Modelldatenbank. Jedes Modellelement ist in dieser Datenbank abgelegt und kann über verschiedene, miteinander gekoppelte Sichten dargestellt und bearbeitet werden. Ein Export der Daten aus der Datenbank ist programmseitig nur rudimentär möglich. Über eine Programmierschnittstelle (API) kann die Datenbank jedoch an externe Programme angebunden werden, z.B. an Kalkulationssoftware, welche die Kalkulationsmengen direkt aus dem Gebäudemodell ermittelt.

Vorteilhaft ist die Möglichkeit, in Revit verschiedene Modellsichten zu verbinden. Mit den Programmvarianten Revit Architecture, Revit Structure und Revit MEP kann ein gemeinsames gewerkeübergreifendes Modell erstellt werden.



### CAD System Solidworks

Solidworks aus dem Hause Dassault Systemés kommt aus dem Bereich Maschinenbau CAD. Kern des Systems ist ein vollparametrischer Modellierkern, welcher auf der Parasolid-Technologie basiert und höchstpräzise Modellierung ermöglicht. Durch diese Modellieretechnik ist es möglich Bauteile in ihrer höchsten Detaillierung abzubilden. Das heißt, dass jedes physikalische Element als virtuelles Bauteil erzeugt wird und ausgewertet werden kann.

Das Programm zeichnet sich dabei durch diese Hauptcharakteristika aus:

- exakte Geometriemodellierung
- höchste Detaillierung \ jedes reale Bauteil / jede Schicht etc. hat eine virtuelle Entsprechung
- komplette Abbildung der Bauelemente und Produktionsweise
- objektorientierte Einbindung in PLM Systeme (Datenbank / Workflow)

Durch die parametrische In-Context-Modellierung ist es möglich, zusammengehörige Bauteile mit historischen Abhängigkeiten zu modellieren und auszuwerten.

Aufgrund der eingeschränkten Bibliotheken für den klassischen Hochbau, empfiehlt sich der Einsatz des Systems in seinem derzeitigen Entwicklungsstand hauptsächlich auf Ingenieurbauwerke und die Darstellung Gebäudeausschnitte, welche ein hoch-detaillierte 3D-Darstellung erfordern.

Durch die historische bauteil- und baugruppenorientierte Modellierung ergibt sich die Möglichkeit, ein Modell Elementbezogen in ein PDM/PLM-System einzubinden und auf dem Bauteillevel zu verwalten und in den Workflow einzubinden.



*Abb. 5.1.4.4-9: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus modelliert mit Solidworks*

### 5.1.4.5 Visualisierung der Analyse: virtuelle Darstellung des Gebäudes

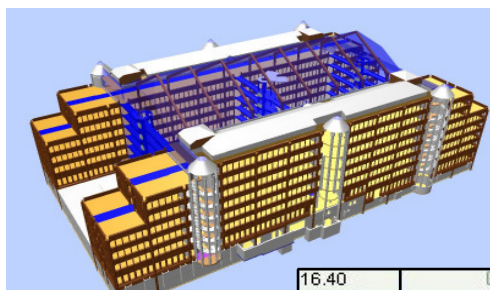
Mit den vorgestellten Systemen wurden folgende Analyse Kriterien untersucht:

- Modellierung der Geometrie
- Abbildung der Raumkonzepte und die Anforderungen von Nutzung
- Unterstützung der Ableitung von neuen Anforderungen hier Ökobilanz verbunden mit Kalulation

Auf Basis dieser Selektion – die aber eine in Ihrer Umsetzung die Hauptkriterien für die Beurteilung der CAD Systeme als 5D-Modeller abdeckt – wurde die Evaluierung der jetzigen Fähigkeiten und die Eignung für die zukünftige Arbeitsweise (5D) überprüft.

Im Ergebnis ist festzustellen: Modelle sind alle objektorientiert und können ausgewertet werden

- Ermittlung von Flächen und Volumina nach Kriterien
- Ermittlung der Grundmengen (cbm / qm / m / Stck.)
- Ermittlung der Mengen strukturiert für ein LV oder in Bauteilsicht zur Auswertung in einer Ökobilanzierung



| Code | Pos.-Nr   | Kurztext                | Dim | Menge  | M* | Split | Bezeichnung    |
|------|-----------|-------------------------|-----|--------|----|-------|----------------|
| 790  | 16.37.90  | BST 500 M Pletten       | t   |        |    |       |                |
| 7100 | 16.37.100 | Spannstahl St 1570/1770 | t   |        |    |       |                |
| 7    |           | SUMME PFETTEN           |     |        |    |       |                |
| 0    | 16.40     | DECKEN                  |     |        |    |       |                |
| 010  | 16.40.10  | Verbindungssteg TYP 1   | m3  | 99,988 |    |       | Körper 0902Kop |
| 011  | 16.40.11  | Verbindungssteg TYP 2   | m3  | 4,471  |    |       | Körper 0502Kop |
| 012  | 16.40.12  | Verbindungssteg TYP 3   | m3  | 48,205 |    |       | Körper 0902Kop |

| Pos. | Code     | Pos.-Nr  | Kurztext                        | Dim | Menge    | M* | Split | Bezeichnung    |
|------|----------|----------|---------------------------------|-----|----------|----|-------|----------------|
|      | 16.40    |          | <b>DECKEN</b>                   |     |          |    |       |                |
|      | 16.40.10 |          | Verbindungssteg TYP 1           | m3  | 99,988   |    |       |                |
|      | 16.40.30 |          | Schalung Verbindungssteg TYP 1  | m2  | 1164,414 |    |       |                |
|      | 16.40.50 |          | Montage Verbindungssteg TYP 1   | St  | 23,000   |    |       |                |
|      | 16.40.70 |          | Betonstabstahl BST 500 S        | t   |          |    |       |                |
|      | 16.40.80 |          | Betonstahlmatten BST 500 M      | t   |          |    |       |                |
|      | Pos.     | 16.40.34 | Schalung Verbindungssteg TYP 5  | m2  | 285,696  |    |       | Körper 0902Kop |
|      | Pos.     | 16.40.35 | Schalung Verbindungssteg TYP 6  | m2  | 50,268   |    |       | Körper 0902Kop |
|      | Pos.     | 16.40.36 | Schalung Verbindungssteg TYP 7  | m2  | 195,678  |    |       | Körper 1002Kop |
|      | Pos.     | 16.40.37 | Schalung Verbindungssteg TYP 8  | m2  | 9,122    |    |       | Wand 1002Wa    |
|      | Pos.     | 16.40.38 | Schalung Verbindungssteg TYP 9  | m2  | 1,728    |    |       | Wand 1002Wa    |
|      | Pos.     | 16.40.39 | Schalung Verbindungssteg TYP 10 | m2  | 68,184   |    |       | Wand 1002Wa    |

Abb. 5.1.4.5-1: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus

## ALLPLAN - NEMETSCHEK

**Geometriemodellierung** ist in diesem System für die Anbindung an alle Designprozesse des Bauwesens am Besten integriert. Mit zunehmender Detaillierung der Geometrie wird aber die objektorientierte 3D Modellierung weniger unterstützt oder wird unverhältnismäßig hoch. Das heißt ab einem Darstellungsniveau von 1:100 geht die Abbildung des Gebäudes in 2D über und andere Prozesse die objektorientiert unterstützt werden müssen können nicht mehr angebunden werden. Das Modellieren zwingt damit zu einem Übergang von der Konstruktionsphase 1:100 in die Detaillierung zum Medienbruch – gibt aber keine geschlossene Lösung für die Vernetzung der Information durch die Mediensprünge.

**Raumkonzepte** sind in Nemetschek Allplan für die Anforderungen Architektur am Besten abgebildet. Dazu trägt insbesondere die Darstellung der Räume und ihre Nachbarschaftsbeziehung zu den sie begrenzenden Wände und Decken bei. Die Räume werden als einzige Elemente im System paarmetrisch an Änderungen von Wänden / Decken nachgezogen und unterstützen damit die geforderte Parametrik – sie ist aber auf diesen Objekttyp beschränkt.

**Ökobilanz verbunden mit Kalkulation** wird über die Mengenlisten unterstützt. Die Mengenlisten sind für beide Anwendungsfälle aus einem Modell ableitbar. Da die Anforderung Kalkulation und Ökobilanzerstellung aber von einer unterschiedlichen Zuordnung und Tiefe der einzelnen Mengen ausgeht sind diese für die einzelnen Fälle getrennt zu ermitteln. Die Mengen für die Erstellung der Ökobilanz nach dieser im Moment von der Kalkulation unabhängigen Strukturierung wurde für das Gebäude Z1 (als eines der drei Beispielgebäude) in diesem System ermittelt. Aus dieser Arbeitsweise die eine erste Integration von Kalkulation und Ökobilanz darstellt wurde die nächste Stufe abgeleitet – die Ökobilanz auf die verfeinerte Sicht der Kalkulation zu stellen und die dafür vorhandene kleinteiligere Modellierung des Gebäudes zu nutzen. Dafür ist aber Anbindung des 3D-Modelles und seiner Daten (Attribute) Voraussetzung die über eine Standardschnittstelle IFC hinausgeht – da IFC im Moment keine ausreichende Tiefe für die Kalkulation bietet die in diesem Prozess führend ist.



## REVIT - AUTODESK

**Geometriemodellierung** wird über alle Stufen der Modellierung als objektorientiertes 3D unterstützt. Diese Arbeitsweise ist aber hauptsächlich auf die Architektur beschränkt. Andere Disziplinen und Gewerke sind im Aufbau aber noch nicht umgesetzt so dass von einer durchgehenden Arbeitsweise gesprochen werden kann. Konzeptionell ist aber die Arbeit mit Teilmodellen auf gemeinsamer Basis angelegt – was die Modellarbeit verschiedener Gewerke in der Zukunft bis in die Detaillierung möglich machen wird. Die interne Datenbank macht eine durchgehende Objektverwaltung einfacher. Für eine Anbindung an eine Prozessorientierte objektorientierte Arbeitsweise sind die Voraussetzungen somit gegeben aber nicht umgesetzt. Das System publiziert nicht wie im Maschinenbau bereits umgesetzt und von der Arbeitsweise 5D gefordert objektorientiert in eine übergeordnete – den ganzen Arbeits- und Lebensprozess abbildenden – Datenbank.

**Raumkonzepte** sind in für die Anforderungen Architektur am Besten abgebildet werden aber für die Zonierung und Anbindung der Anforderungen TGA ausgebaut. Im Gegensatz zu ALLPLAN fehlen aber Nachbarschaftsbeziehungen zu den sie begrenzenden Wänden / Decken.

**Ökobilanz verbunden mit Kalkulation** wird über einen Dritten Anbieter (RIB) über den objektorientierten Export der Geometrie und der angehängten Attribute realisiert. Diese Arbeitsweise realisiert den geforderten neuen Prozess 5D für die Kalkulation. Die Geometriedaten werden allgemein in hoher Qualität für die anschließenden Prozesse publiziert und stehen diesen als Grundlage bereit. Diese Möglichkeit wurde genutzt um im Kapitel 4.5.3 die Vorteile einer neuen Arbeitsweise am konkreten Beispiel ÖKOBILANZ and KALKULATION aufzuzeigen.

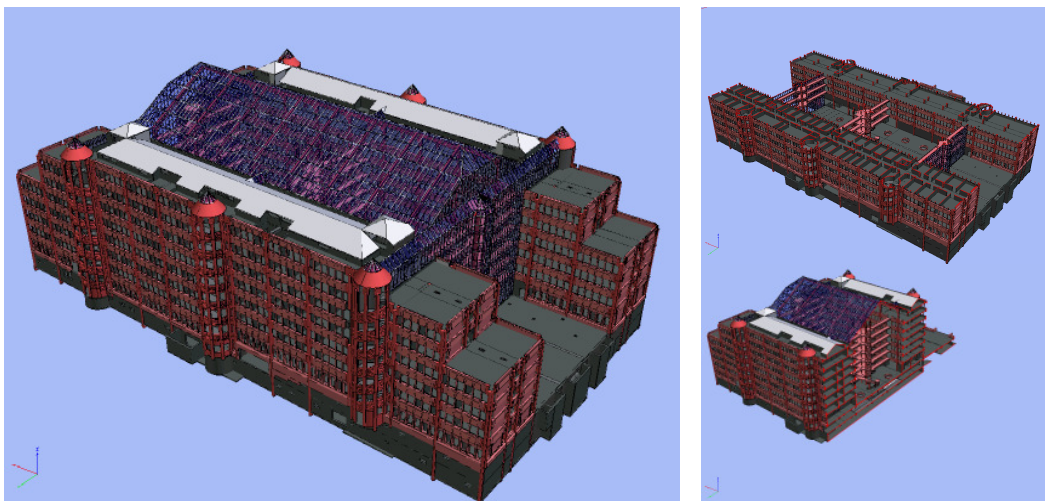


Abb. 5.1.4.5-2: Das Bestandsgebäude Züblin-Haus

## SOLIDWORKS – DASSAULT SYSTEMS

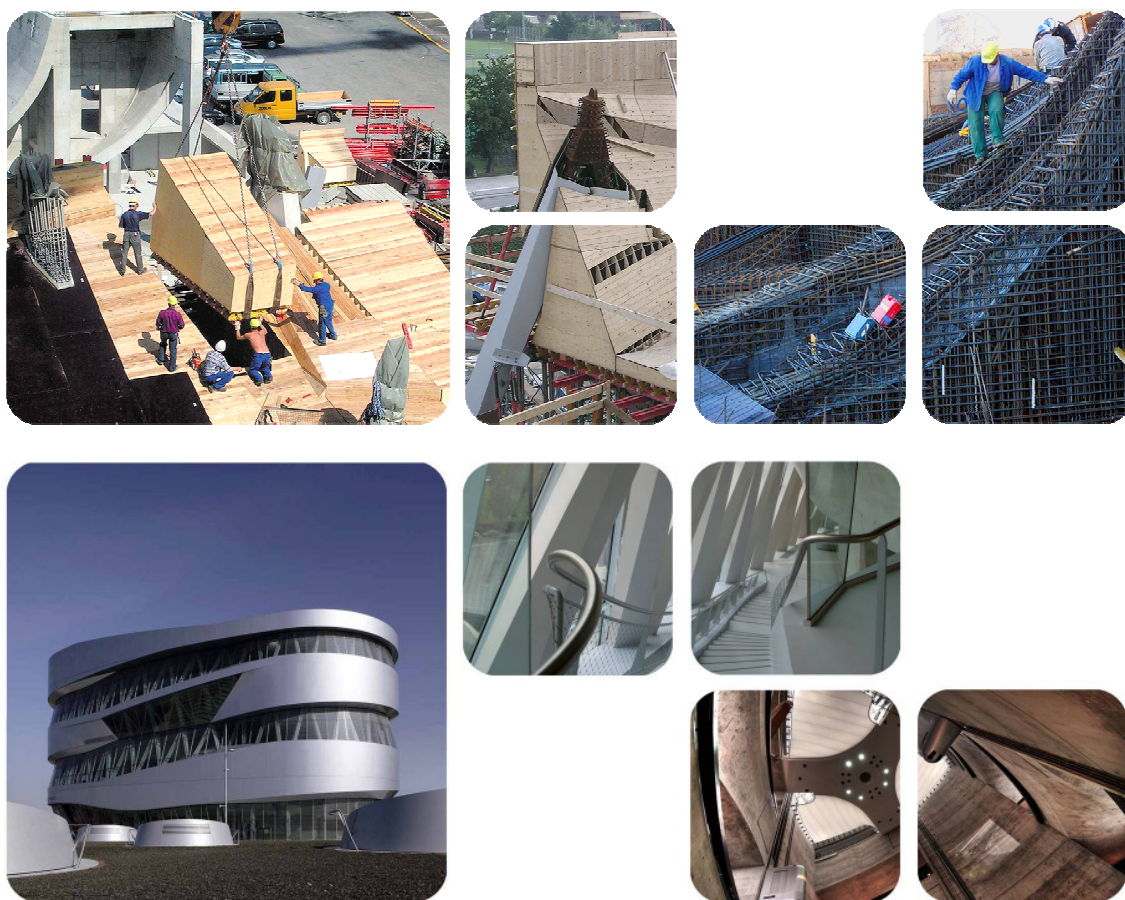
**Geometriemodellierung** wird über alle Stufen der Modellierung als objektorientiertes 3D bis in die letzte Stufe der unterstützt. Das System wird im Maschinenbau eingesetzt und bringt aus die in diesem Industriezweig durchgesetzte parametrische bis zur Produktionsgeometrie durchgesetzte Modellorientierung mit. Zudem ist die Geometriemodellierung bis zur Anbindung der Produktionsgeometrie (Submodell mit Abbildung von Produktionsbedingungen wie Überhöhung / Geometrieabweichung aus Produktionsrandbedingungen wie Verformungen aus Schweißen / nachgeben von Schalung / etc.) an die Fertigung mit CAM integriert. Die Modellierung kann Vorlagen einfach einbinden und lokal anpassen. Alle Bauteile sind auf Objektebene definiert und werden in der Datenhaltung so gehalten und in übergeordnete Datenbanken publiziert. Aufgrund der Grundsätzlichen Konstruktion aller Objekte als 3 Dimensionale Objekte mit beliebigen Formen (NURBS) stellen diese Systeme eine Technologie zur Verfügung die an keine Formengrenzen stößt. Da die Architektur sich zunehmend dieser Formen als Architekturform bedient werden diese Systeme von der Bauindustrie verwendet diese neue Formensprache - die die technischen Möglichkeiten der bestehenden Systeme sprengt – in eine Produktionsplanung und Produktionsausführung umzusetzen.

**Raumkonzepte** fehlen völlig da sie im Maschinenbau komplett unbekannt sind. Zum Fehlen von Raumkonzepten kommt hinzu dass alle traditionellen Arbeitsweisen der Bauindustrie wie Ableitung spezieller Produktionspläne (Werkpläne / Schal- und Bewehrungspläne / etc. ) nicht unterstützt werden. Da aber die neue Arbeitsweise 5D ein 3D Modell in den Mittelpunkt der Definition und der Findung der optimalen Form und Arbeitsweise aller Gewerke stellt ist zu hinterfragen in wie weit die traditionellen Darstellungsweisen noch benötigt werden. Im Laufe der Untersuchung REG wurde festgestellt dass sich diese Darstellungen sich ändern werden hin zu Montagepläne mit einer geringeren Darstellungstiefe da diese nicht mehr benötigt wird – da die Organisation des Arbeitsprozesses und seine Ausführung über ein PLM System abgewickelt werden wird.

**Ökobilanz verbunden mit Kalkulation** kann wie auch die Definition vieler anderer Anforderungen in einem MCAD System am Besten umgesetzt werden. Diese Umsetzung wird durch die im System vorgesehene Kombination von Multimodellen mit unterschiedlichen Darstellungsgrad gewährleistet. Auf Objektebene werden die einzelnen Darstellungstiefen auf beliebigen Abstraktionsgrad mit eigenen Objekten für jede Planungstiefe unterstützt – gleichzeitig sind diese Modelle parametrisch koppelbar so dass Änderungen über Darstellungstiefen durchgeführt werden können. Das gleiche Prinzip stellt die Kombination von Multimodellen für unterschiedliche Gewerke sicher. Ist die parametrische Koppelung nicht überall gewünscht da sie neben gewollten auch ungewollte automatische Anpassungen durchführt – kann eine andere Arbeitsweise angewendet werden die diese Nachteile aufhebt alle anderen Vorteile aber beibehält: Alle Geometrieobjekte (mit Attributen) werden in Datenbanken veröffentlicht die alle anderen Prozesse auf diesem Objektlevel integrieren wie Freigaben – Versionsverwaltung – Kollisionsprüfung – Workflowintegration – Anbindung von

Expertensystemen. Mit dieser Aufstellung spiegelt diese Architektur die Arbeitsweise der Bauindustrie wieder – die anders ist als das Design eines Gebäudes.

Aufgrund der fehlenden Grundanbindung wird diese Arbeitsweise bisher nur für die Produktion der Bauwerke genutzt die sich einer besonderen Formensprache bedienen. Die Vorteile werden aber nutzbar sobald sich Grundprozesse der Bauindustrie an diese Tools angebunden werden können.



*Abb. 5.1.4.5-3: Design to Production*

## Zusammenfassung:

- **Existente Bau-CAD-Systeme**
  - Unflexibel in der Handhabung / Hoher Einführungsaufwand in der Mengenermittlung für die Kalkulation
  - Geringer Einsatz in der Mengenermittlung als Basis für Ökobilanz
  - nur für „Standardarbeitsweisen“ effizient einsetzbar.
- **Bau-CAD-Systeme mit Datenbankbindung**
  - Flexibler in der Anwendung / Datenbank kann an Ökobilanzberechnung angebunden werden
  - Zusätzlich werden Mengenermittlungen integriert in die Kalkulation entw.
  - verspricht Standard in der Mengenermittlung zu werden → Ökobilanz ableitbar
  - Ableitung der zukünftigen Arbeitsweise für die nächsten Jahre siehe die nächsten Kapitel.
- **Bau-CAD-Systeme auf M-CAD Basis**
  - Flexibelst in der Anwendung und in den Mengenabfragen / Datenbank kann an Ökobilanzberechnung angebunden werden
  - Zusätzlich werden Mengenermittlungen integriert in die Kalkulation entw.
  - verspricht alle Prozesse abzubilden und wird die Arbeitsweise des Baues auf Modellbasierende Arbeitsweise umstellen
  - projektierte Arbeitsweise mit dem maximalen Umsetzung der Anforderungen 5D

### **5.1.5 Darstellung der ausgewählten Innovationen am 3D Modell**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurde eine Vielzahl von Innovationen untersucht und bewertet (siehe dazu ausführlich AP6). Nachfolgend wird an ausgewählten Beispielen die Umsetzung der Innovation mithilfe der modellbasierten Arbeitsweise demonstriert.

#### **5.1.5.1 Digitales Aufmass (Laserscanning) → siehe separaten Bericht**

Das Kapitel ist im Bericht Bestandserfassung mittels 3D-Laserscanning integriert

#### **5.1.5.2 Industrialisierte & schlanke Bauprozesse - Fokus auf Ressource Zeit (4D)**

Das Streben nach größerer Effizienz führte bereits in anderen Industriebranchen, insbesondere in der Automobilindustrie, zu einer Vielzahl von Theorien über schlanke Produktions- und Managementprozesse. „Lean Production“ und „Lean Management“ sind inzwischen in der Praxis des Maschinenbaus gut erprobt und werden ständig verfeinert. Wesentliche Merkmale der Theorien sind vor allem die Stabilisierung, Straffung, Koppelung und das Takten der Prozesse, die Optimierung von Material- und Informationsflüssen (z.B. durch „Just-In-Time“ Materiallieferung) und vieles mehr.

„Lean Construction“ ist das Ergebnis des Unterfangens, diese Theorien für das Bauwesen anwendbar zu machen. Es leitet sich in wesentlichen Punkten von Lean Production ab und ist in der grundsätzlichen Denkweise gleich. Das Prinzip von Lean Construction unterscheidet sich jedoch in der Auslegung und Anwendung stark von Lean Production, da es stärker auf die Besonderheit des Bauens eingehen muss. Das Bauen als Prozess unterscheidet sich stark von der standortbezogener Serienproduktion. Bauelemente (im weitesten Sinne) mögen sich grundsätzlich in ihrer Beschaffenheit vielfach ähneln, jedoch sind die individuellen Anforderungen, die sehr ausgeprägte Einzelfertigung und die völlig anderen Planungs- und Genehmigungsprozesse, um nur einige Beispiele zu nennen, inkompatible Randbedingungen im direkten Vergleich.

Die greifbarsten Ansätze in der Verwendung von „Lean“-Prinzipien im Bauwesen basieren auf Systeme, die aktiv in die Produktionsplanungs- und Steuerung eingreifen und die aktive Zusammenarbeit aller Prozessbeteiligten fordern. So soll ein Bauprozess mit höherer Produktivität einen verlässlichen Arbeitsfluss ermöglicht werden, und so kommt es auch erst zu einer durchgreifenden Industrialisierung der Bauprozesse.

Die Umsetzung von zukunftsorientierten Planungsprozessen wie zuvor beschrieben basieren u.a. auch auf die Ansätze des Lean Construction. Eine konsequente Beschäftigung mit den „Lean“-Ansätzen führt schnell zu der Notwendigkeit der Prozesssimulation im Bauwesen, und letzten Endes zur sogenannten virtuellen Baustelle, die eine dynamische, interaktive Steuerung der Bauzeitenplanung, der Baustelleneinrichtung, des Flächen- und Materialmanagement, der



koordinierten Personaleinsätze und Materialeinsätze, um nur die wesentlichen Aspekte zu nennen, erlauben wird. Hieraus lassen sich ferner eine Kommunikationsverbesserung ableiten und die Koppelung zu Controlling-Instrumenten sowie zur Koordination mit der Budgetplanung.

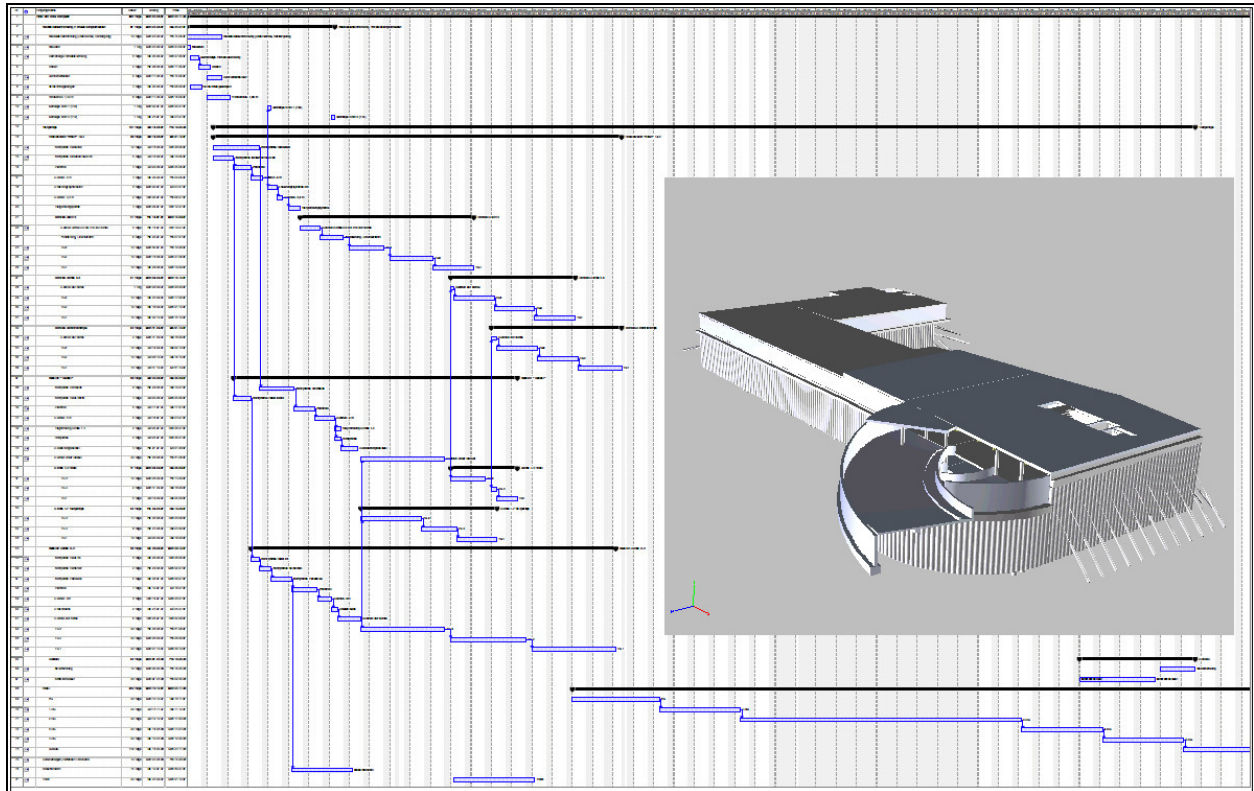


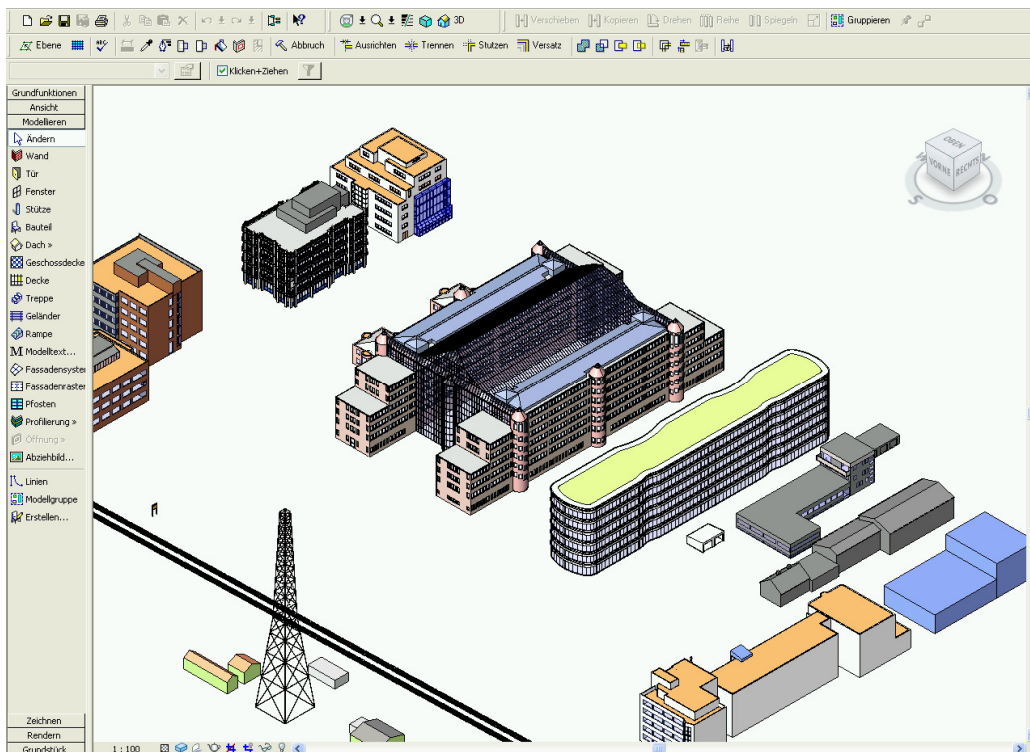
Abb. 5.1.5.2-1: Erster Schritt zur virtuellen Baustelle: die interaktive Verknüpfung des Bauzeitenplans mit dem 3D Modell

Im Rahmen dieses Projektes wurde die praktische Ausprägung der Baustellensteuerung näher untersucht. Die Ressource Zeit stand zunächst im Mittelpunkt, daneben aber auch die vielen damit verbundenen technischen und kaufmännischen Prozesse. Das sogenannte „4D“, das in diesem Dokument an anderer Stelle bereits ausführlich definiert wurde, bedeutet im ersten Schritt die Koppelung des 3D Modells verschiedener Systeme mit der Bauzeitenplanung einzelner Expertensysteme. Dies ist mit verfügbaren Softwarelösungen derzeit dynamisch umsetzbar und gehört bei komplexeren Projekten zum Standard. Hier wurden die Grenzen in der Anwendung ausgelotet (siehe Kapitel „Informations- und Datentransfermöglichkeiten zwischen den Werkzeugen“).

Ausgehend von den 3D Modellen der Bestandsgebäude wurde für die beispielhaft angenommenen Bauaufgaben eine Baustelleneinrichtung entworfen und im 3D Modell aufgenommen. Die Koppelung mit einem Bauzeitenplan sowie die interaktive Darstellung sowie

die Aufbereitung für eine praktische Anwendung auf der Baustelle auf der Basis eines PDF-Dokuments war Gegenstand der weiteren Untersuchungen.

Die Einordnung dieser Lösungen in den Gesamtkontext von „5D“ wird eine große Herausforderung sein. Erst dann können die schlummernden Potentiale im Rahmen der Anwendung im Kontext von Lean Construction gehoben werden. Dazu wird 4D ein wichtiges Werkzeug sein.



*Abb. 5.1.5.2-2: Virtuelle Baustelle; Erfassung und Darstellung der Ausgangssituation  
(hier das Züblin Haus und das Z2 Gebäude)*



Abb. 5.1.5.2-3: Virtuelle Baustelle; Ableitung, Abstimmung und Darstellung der Baustelleneinrichtung, hier am betrachteten Beispiel der Fassadensanierung Züblin Haus

Basierend auf die Datengewinnung und Informationsevaluierung um Entscheidungsgrundlagen zu erarbeiten wird das modellgestützte strategische Controlling ein Werkzeug der Zukunft sein. Hierzu wird 4D und 5D benötigt um einen entsprechenden Plattform zu bieten, der auch unter den Aspekten der Kommunikation einen nicht zu unterschätzenden Beitrag leisten wird.

Weiterhin ist 5D ist die Grundlage für die Umsetzung von tiefgreifender KVB Maßnahmen (KVB = Kontinuierliche Verbesserung). Diese sind wesentliche Werkzeuge für die konsequente Anwendung von Lein im Bauwesen . Denn sind die Prozesse transparent gemacht worden und für alle Beteiligten nachvollziehbar, so können abgestimmte Maßnahmen getroffen, umgesetzt und vor allem nachvollzogen werden.

Weitere Möglichkeiten der Anwendungen der virtuellen Baustelle können in naher Zukunft in die Praxis Einzug finden, denn es ist damit zu rechnen, dass die nächste Generation von Bausoftwarelösungen mit diesen Aufgaben vor Augen entwickelt wird. Hierzu leistet die 5D Initiative einen entsprechenden Beitrag indem die die beschriebenen Anforderungen an einen 5D Innovationsplattform gemeinsam mit Partnern aus der Bauindustrie entwickelt und mit Bausoftwareanbietern diskutiert wird.



### 5.1.5.3 Ökobilanz Verbesserung durch 5D - Übersicht

Die Erstellung der Ökobilanz eine neue spezialisierte Leistung die zum Inhalt hat die Auswirkungen der ökologischen Belastung der Umwelt durch das Bauprodukt in seiner Herstellung / Betrieb und Abriss aufzustellen.

Es ist in dieser Form eine Lebens Zyklus Fragestellung und wird direkt von den verwendeten Materialien (Kennwerte) und der Geometrie (Mengen) beeinflusst – muss aber in seinen Auswirkungen bei der Entscheidung für zu verwendende Materialien / Bauverfahren mit den Ergebnissen aus anderen Prozessen wie Kosten/Termine für die Herstellung / Betriebskosten und Energieverbrauch abgeglichen werden.

in der herkömmlichen Arbeitsweise wird dazu das Bauwerksmodell in grobe Bauteile untergliedert und für diese Bauteile wird eine eigenständige Mengenermittlung aufgestellt (händisch) der wiederum händisch ergänzt wird durch die entsprechende Suche nach Ökokennwerten und die anschließende Berechnung.

Diese Arbeitsweise greift auf bestehende Daten aus der Planung zurück:

- Geometriedaten zur Erfassung der **Hauptmengen** (vor allem Gewerke des Rohbaus / Fassade)
- Leistungsverzeichnis zur ergänzenden Ermittlung von Mengen die in **Ausstattungen** definiert sind wie Beläge / Fenster&Türen / Elektrische Anlagen etc.
- Angebot der Baufirma in der auch **Hilfsstoffe** wie Kleber / Bewehrung / etc. ausgewiesen sind.

Ist die Planung noch in einem frühen Stadium beziehungsweise nicht in einer Tiefe die die Hauptbauteile / Ausstattungen und Hilfsstoffe beschreibt – was erst mit Angebotseingang der Fall ist kann keine verlässliche und genaue Ökobilanzierung erstellt werden.

Hier kann eine integrierte Planung und Angebotserstellung die Daten zur Verfügung stellen die zum Zeitpunkt der Bewertung einer ökologischen Bilanzierung benötigt werden – bei der Validierung der Ökonomischen Konzepte einzelner Anbieter.

Diese Validierung erfordert einen eindeutigen und nachvollziehbaren Bezug zwischen der Mengenermittlung für die Kalkulation (alle relevanten Baustoffe werden erfasst) – der Darstellung des Bausolls ( geometrische Definition – Attribute zur ausreichenden Beschreibung) – und der Ableitung der Mengen und Zuordnung der Daten für die Ökobilanz.

Das 3D – Modell dient zur Normierung der Datenbasis für die zu vergleichenden unterschiedlichen Prozesse und der Vergleichbarkeit zwischen den Angeboten einzelner Anbieter – sowie der Ableitung und Darstellung von „if-else“ Untersuchungen.

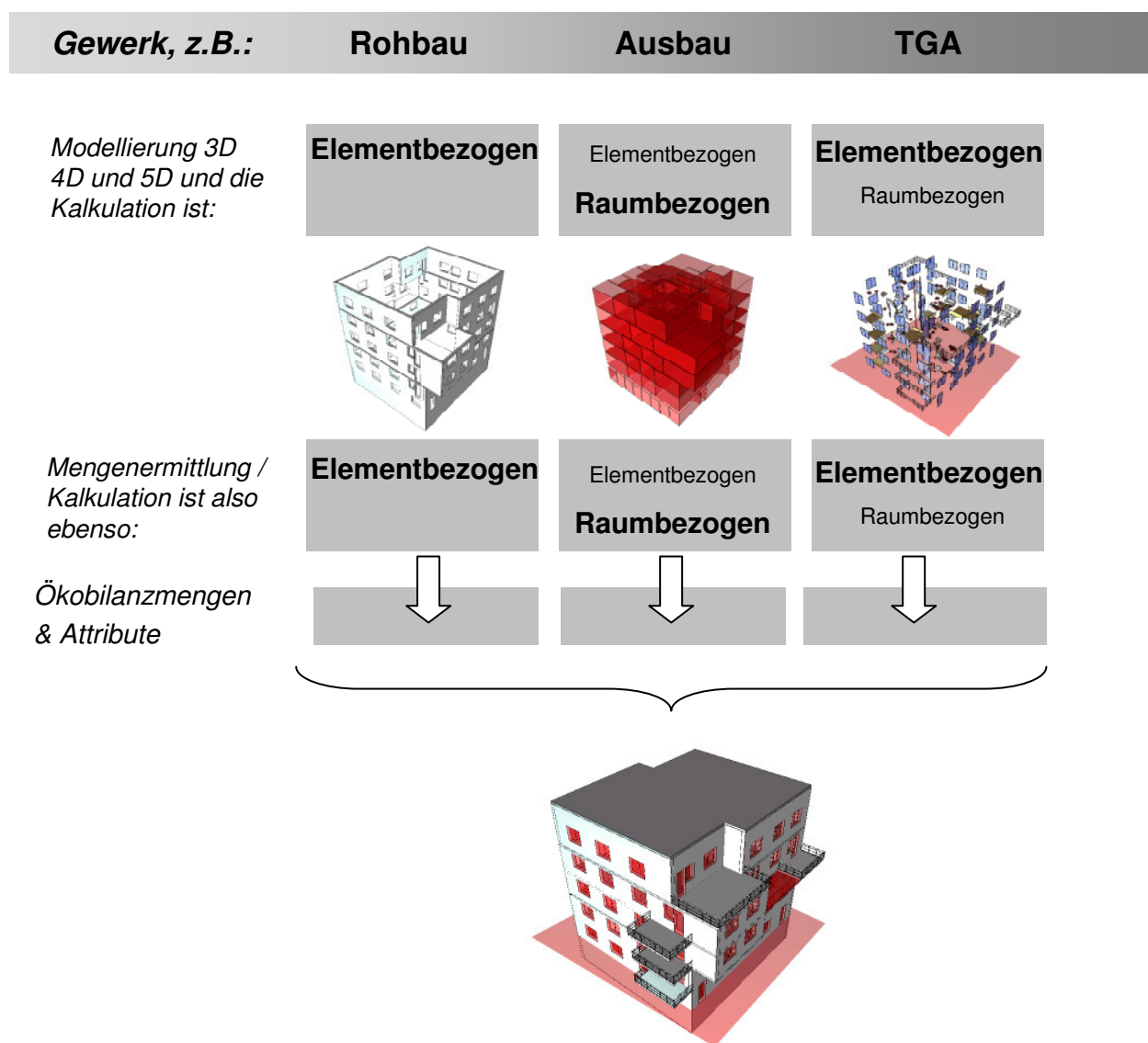


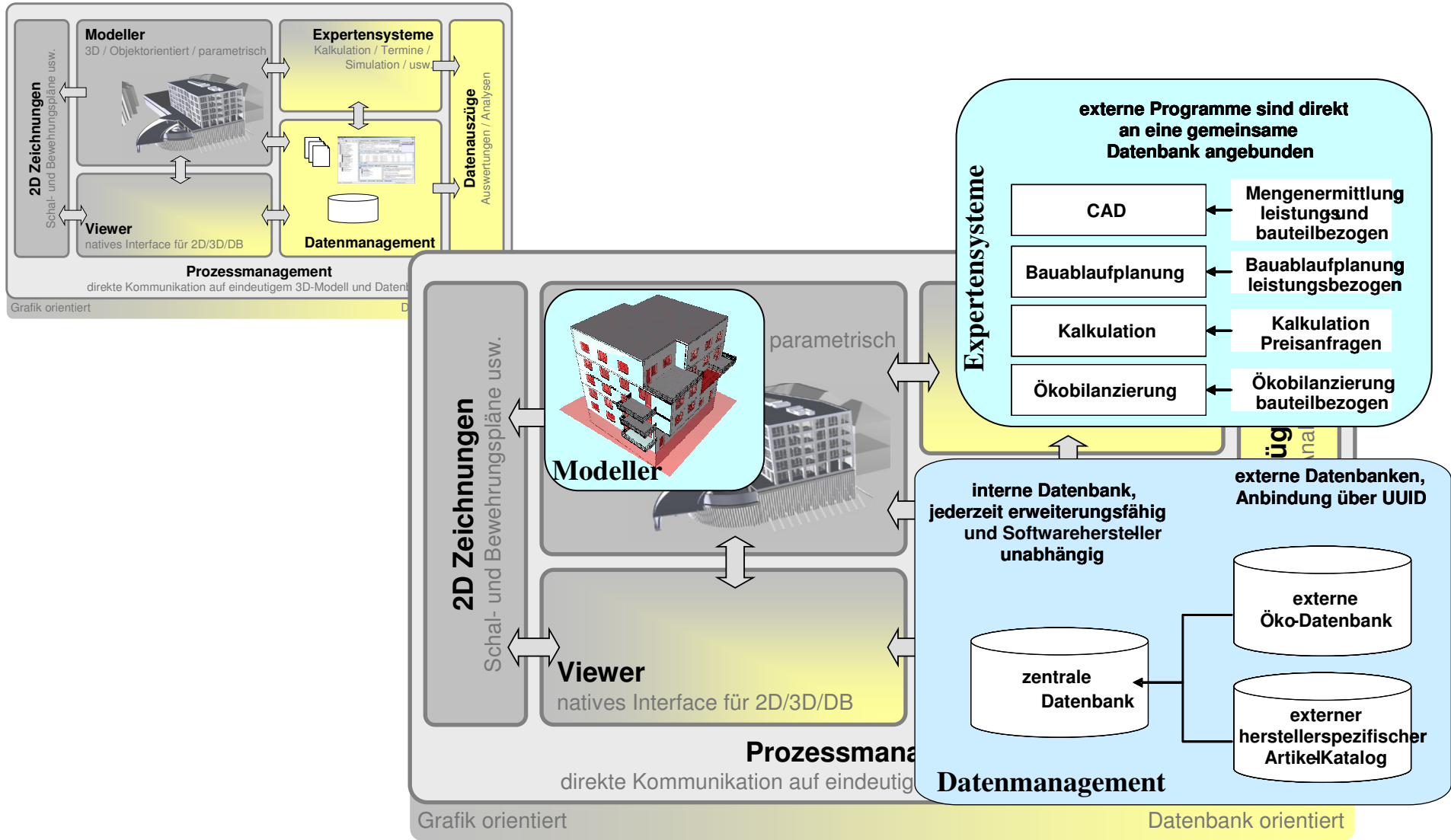
Abb. 5.1.5.3-1: Konsolidierte Sicht auf ein Gebäude aus zwei verschiedenen Prozessen

Während die Modellierung des Gebäudes bereits mit jetzt vorhandenen Tools möglich ist – die Entwicklung wird eine bessere Auflösung der einzelnen Objekte und Ihren parametrischen Bezug ermöglichen (siehe dazu Kapitel 5.4.3.0). Die Ergebnisse der CAD – Tools können bereits jetzt in einer Datenbank verwaltet werden und stellen die Grundlage für die Modellbasierte Ökobilanzierung dar.

Im Zuge des Forschungsvorhabens REG wurde die erforderliche Gesamtarbeitsweise für die modellbasierende Ökobilanzierung aufgestellt anhand des zu Beginn skizzierten generellen Konzeptes 5D der Bauindustrie zur Implementierung eines Life-Cycle-Managements im Bauwesen.

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

Auf der Übersichtskarte der 5D ist diese Vorgehensweise folgendermaßen assoziiert



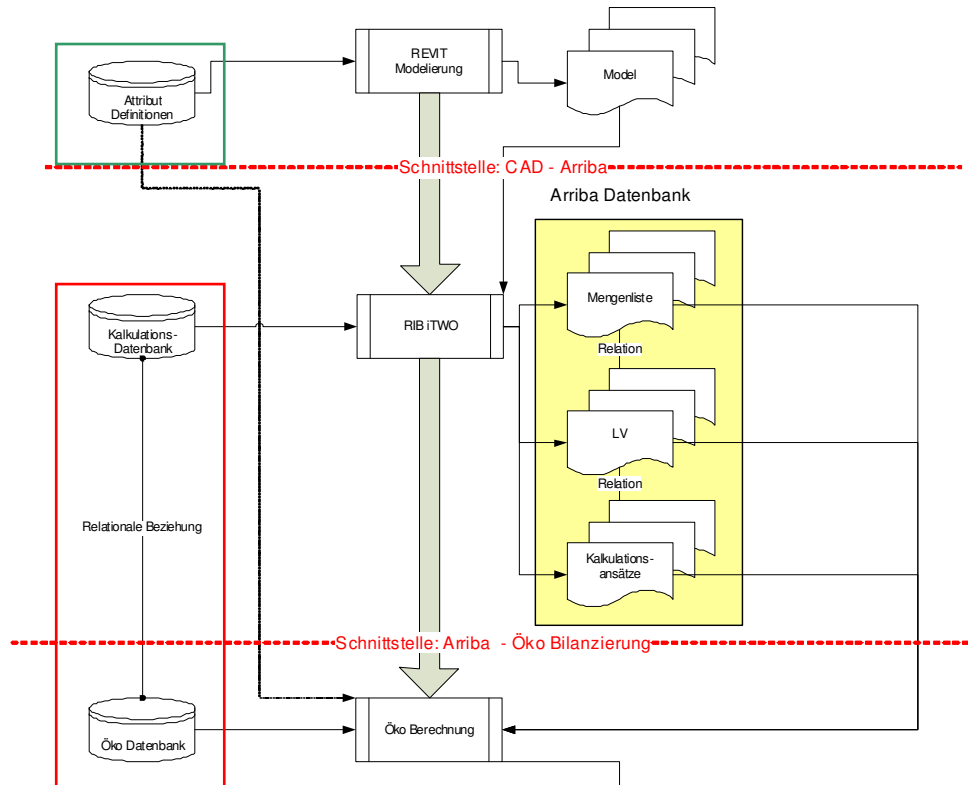
Die Integration der Prozessstrukturen erfolgt dabei auf allen Levels des modellorientierten Arbeitens:

**MODELLER**

Geometrische Definition des Bauwerke und Attributierung der geometrischen Bauwerksobjekte

**EXPERTENSYSTEME über DATENBANK**

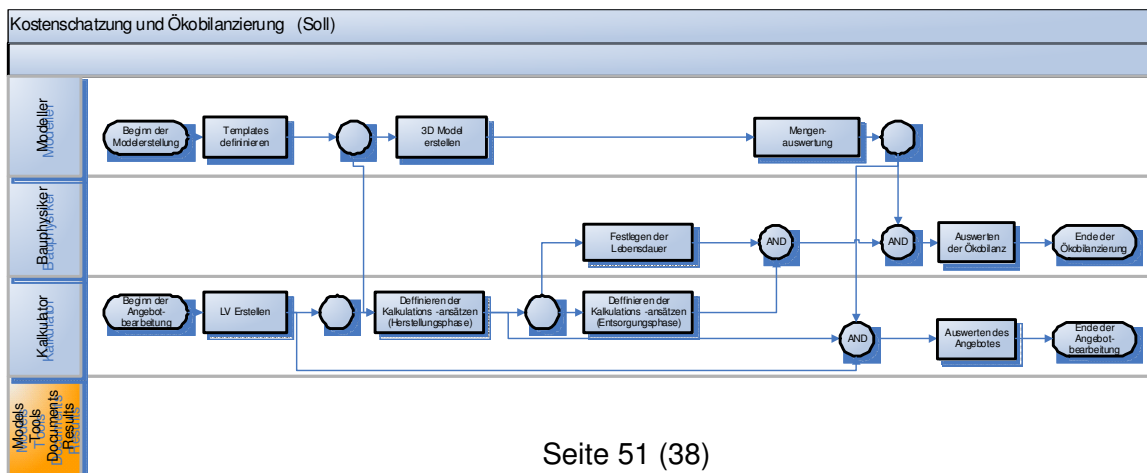
Geometrische Definition des Bauwerke und Attributierung geometrischen Bauwerksobjekte



Im Modell sollen Attribute für spätere Strukturierung der Berechnungsergebnisses hinterlegt sein.  
 (Z.B. Auswertung nach Bauphysikalischen Katalog)

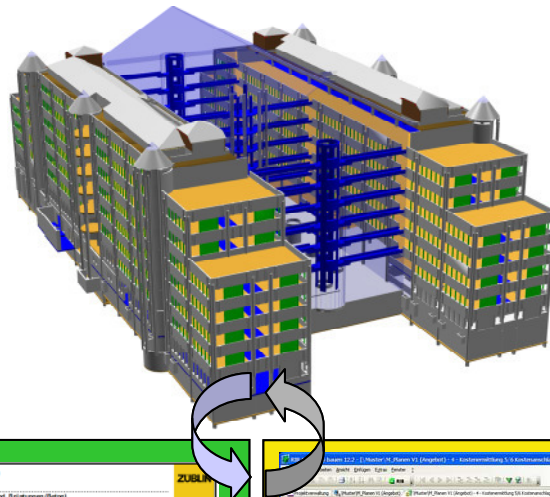
Zusätzlich soll die mit Abfrage erzeugte Mengenliste  
 Zusätzliche Angaben über vergebene Attribute aus Revit  
 Model enthalten.

**Prozessintegration durch die modellbasierte Arbeit:**



Im Ergebnis kann

Bei der Ökobilanzierung werden die Umweltbelastungen über die gesamte technische Lebensdauer des Bauteiles entsprechend dem Kalkulationsschema erfasst so dass ein direkter Vergleich Auswirkung CO2 Bilanz auf die Herstellkosten des Gebäudes möglich ist.



**BAUTEILKATALOG (LCA)**

Bezeichnung: ZUBLIN

Prinzip-Skizze:

Anteil der erneuerbaren Energie:   
■ 23% erneuerbare Energie   
■ 77% nicht-erneuerbare Energie

Maßstab: 1:200,00   
 Technische Lebensdauer: 50,00 Jahre   
 Bemerkung: keine

| Bauteilname                   | Einheit | Menge   | Gewicht             |
|-------------------------------|---------|---------|---------------------|
| Beton C20/25                  | m³      | 248,5   | 598.752,5 kg        |
| Beton C10/15                  | m³      | 19,858  | 49.695,5 kg         |
| Isolierbeton (schäumend)      | m³      | 1.562,4 | 1.562,4 kg          |
| Stahlbeton (Fassaden-Dämmung) | m³      | 151,2   | 7.560,0 kg          |
| Stahl (Scheitelstreifen)      | kg      | 1.544,4 | 1.544,4 kg          |
| Stahl (Scheitelstreifen)      | kg      | 1.544,4 | 1.544,4 kg          |
| Aluminium Blech               | kg      | 2.879,5 | 2.879,5 kg          |
| Aluminium Blech               | kg      | 6.884,4 | 6.884,4 kg          |
| <b>Z=</b>                     |         |         | <b>498.884,1 kg</b> |

**Ökobilanz**

**Preis**

Materialkalkulationsschema

| Material     | Einheit | Menge   | Preis    | Wert              |
|--------------|---------|---------|----------|-------------------|
| Beton C20/25 | m³      | 248,5   | 1.800,00 | 447.150,00        |
| Beton C10/15 | m³      | 19,858  | 1.800,00 | 35.744,40         |
| Isolierbeton | m³      | 1.562,4 | 1.800,00 | 2.812,32          |
| Stahlbeton   | m³      | 151,2   | 1.800,00 | 272.160,00        |
| Stahl        | kg      | 1.544,4 | 1.800,00 | 2.779,92          |
| Aluminium    | kg      | 2.879,5 | 1.800,00 | 5.183,10          |
| Aluminium    | kg      | 6.884,4 | 1.800,00 | 12.391,92         |
| <b>Z=</b>    |         |         |          | <b>871.503,66</b> |

**Weitere Sichten**

Abb. 5.1.5.3-1: Sichten auf das Modell

#### 5.1.5.4 Darstellung der Ergebnisse vom soll/ist Vergleich am 3D Modell

Für die Darstellung der Ergebnisse wird ein 5D-Viewer eingesetzt welcher aus unterschiedlichen Datenmodellen/-formaten ein Gesamtgebäude inkl. deren Metadaten darstellen kann. Aufgrund der bidirektionalen Verknüpfung zur Terminplanungssoftware kann ein interaktiver dreidimensionaler soll/ist-Vergleich der Bauzustände dargestellt werden kann, wodurch Differenzen und terminliche Kollisionen einfach erkannt werden können.

Eine weitere Funktionalität ist neben der zeitlichen Kollision die geometrische Kollisionskontrolle. Diese kann basierend auf unterschiedlichen 3D-Formaten erfolgen und in einem Bericht abgelegt werden. Da diese Systeme heute noch als Standalone-Produkte fungieren, entsteht ein Medienbruch zwischen Viewer, Datenbank und CAD.

Zukünftig soll diese Applikation datenbankbasierend arbeiten und Bestandteil des Building Lifecycle Management Systems sein. Daraus folgend wird sich die Möglichkeit ergeben, Aufgaben direkt aus dem Viewer zu erzeugen, wodurch sich ein transparenter Änderungsprozess ergibt und die Daten durchweg konsistent sind.

Aufgrund des integrativen Datenmanagements ist es nun möglich, alle beliebigen Gebäude- und Prozessinformationen (Attribute) über den Viewer abzurufen. Um eine benutzerdefinierte Filterung der Attribute zu erhalten, beinhaltet dieses System eine umfangreiches Rechte- und Workflow-Management.

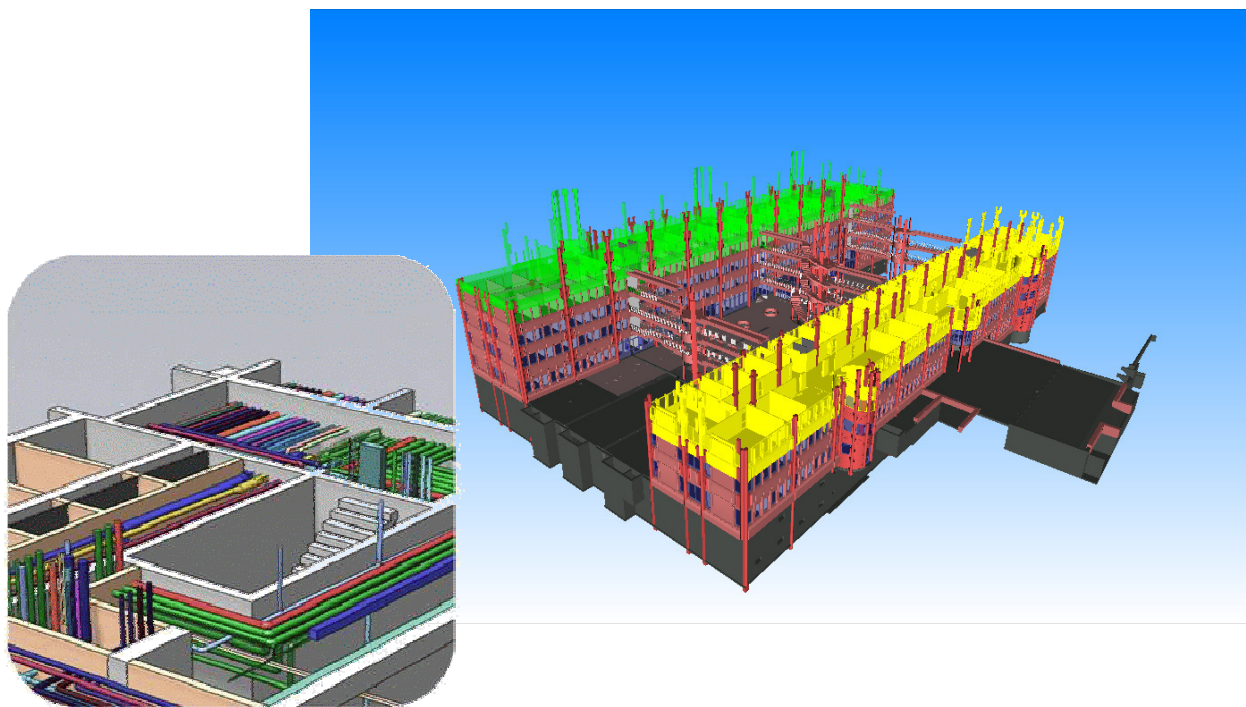


Abb. 5.1.5.4-1: Kollisionskontrolle



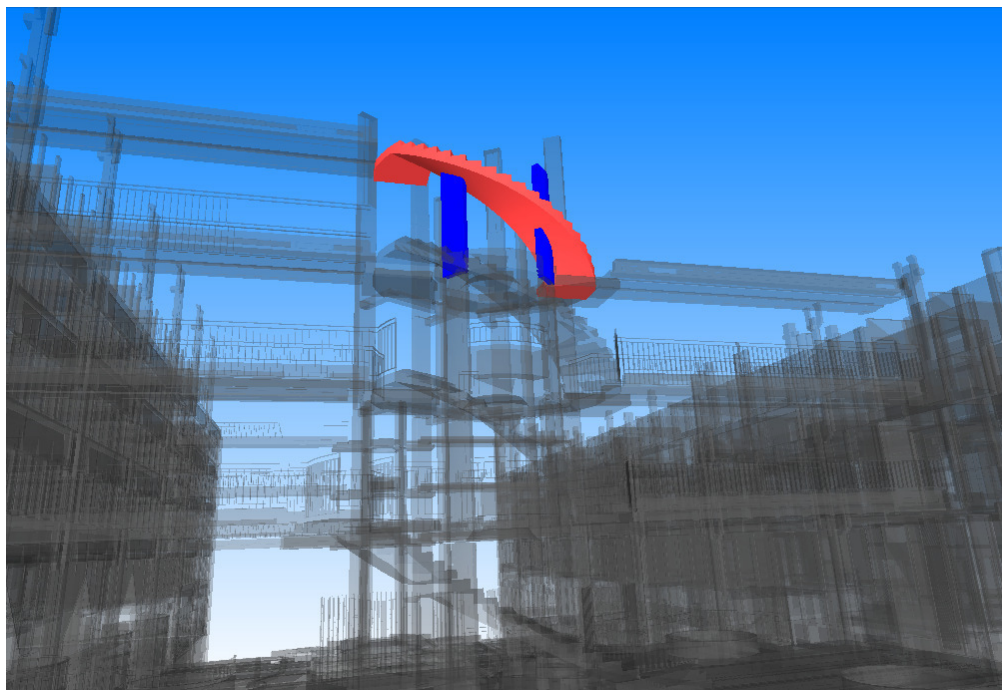
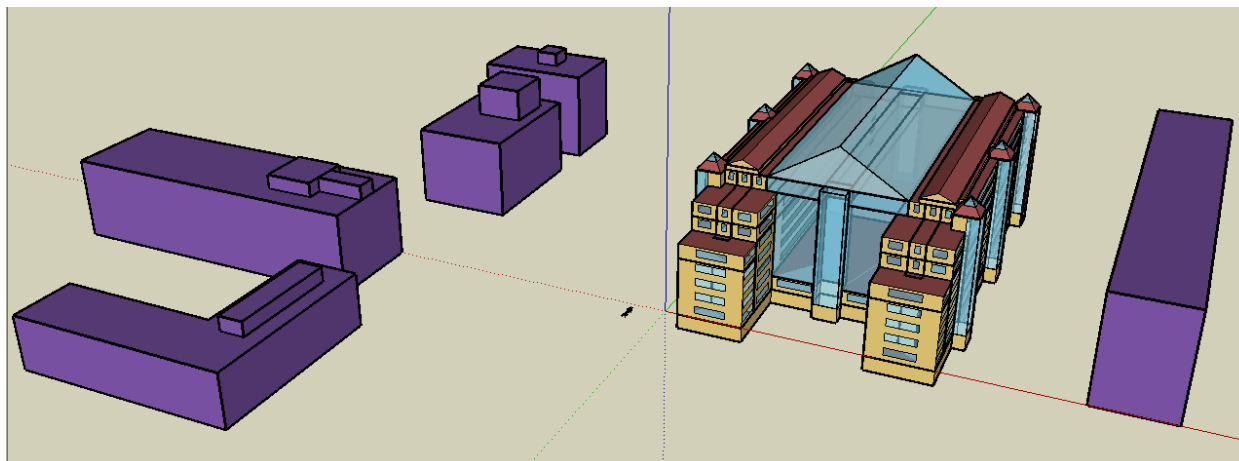


Abb. 5.1.5.4-2: Auswertung der Modelle

#### 5.1.5.5 Darstellung des thermisch-energetischen Gebäudeverhaltens (QUEEN)

Für die Simulation des thermisch-energetischen Verhaltens von Gebäudezonen und TGA-Systemen wurde mit QUEEN („Qualität, Energie-Effizienz, Nachhaltigkeit“) ein Werkzeug geschaffen, das auf einfache Weise den quantitativen Vergleich von Varianten ermöglicht und so die Findung einer optimalen Gebäudeausstattung unter Anwendung innovativer Konzepte unterstützt. Die thermisch-energetische Simulation setzt auf einem dreidimensionalen Modell des zu betrachtenden Gebäudes auf. Das Modell beschränkt sich auf die Abbildung der Gebäudehülle sowie der thermischen Zonen. Die Definition der haustechnischen Auslegung, die Zusammenstellung der zu berechnenden Varianten sowie die qualitative und quantitative Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgt unter Verwendung einer Expertendatenbank.



*Abb. 5.1.5.5-1: 3D-Modell des Züblin-Hauses für die Gebäudesimulation*

Für die detaillierte Beschreibung der Methodik, der Arbeitsweise sowie der Ergebnisse von QUEEN wird auf Kap. 5.2 verwiesen.



### 5.1.6 Unterstützung als Kommunikationsmittel für den Leitfaden

Die komplexen Rahmenbedingungen bei der Realisierung von Bauprojekten erfordern die effiziente Zusammenarbeit aller Beteiligten. Mit der permanent wachsenden Komplexität von Bauprojekten steigen auch die Anforderungen an die Menschen, die sie realisieren. Nur wenn alle Projektbeteiligten zusammenarbeiten, können alle Projektziele erfolgreich und mit maximaler Effizienz umgesetzt werden.

Die Grundlage der erfolgreichen Zusammenarbeit ist die Kommunikation. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Vielzahl der am Bauprozess beteiligten, sei es der Bauherr, der Architekt, der Projektsteuerer, die Fachplaner, der Generalunternehmer und die vielen Nachunternehmern aber auch behördliche Instanzen Schnittstellenverluste im Bauprozess vermeiden und so einen flüssigen Bauablauf gewährleisten.

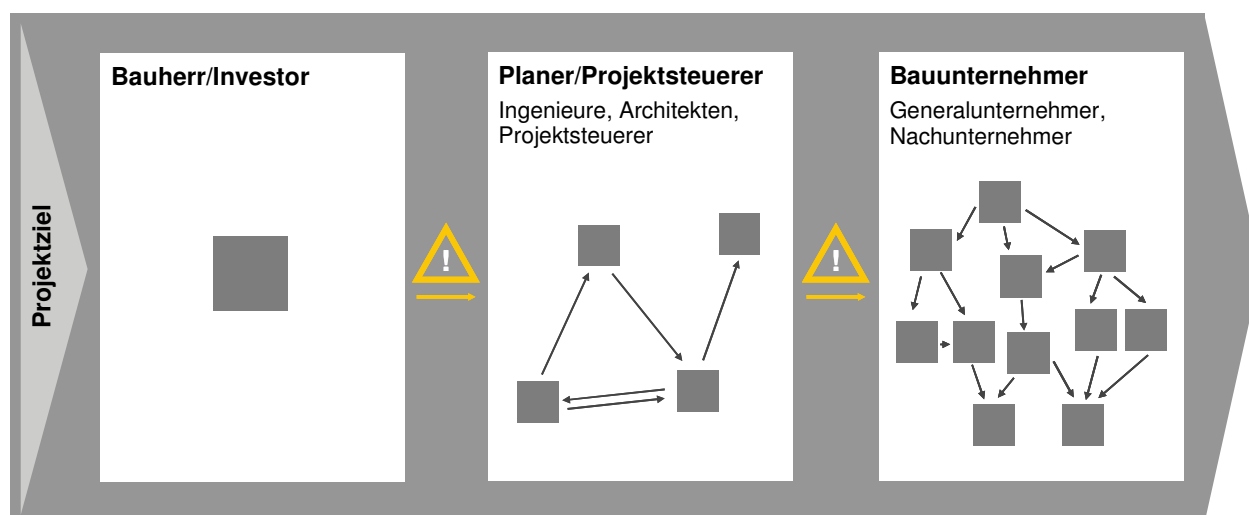


Abb. 5.1.6-1: Zunehmende Komplexität in der Kommunikation während des Projektlaufes

Einer der wichtigsten Ausgangspunkte zu Projektbeginn ist die klare Definition des Bausolls durch den Bauherrn. Die stetige Fortschreibung von Änderungen an diesem Bausoll muss für alle Beteiligten transparent und nachvollziehbar sein. Ein unabdingbares Werkzeug zur Gewährleistung dieser Ansprüche ist eine durchgängige Bausoftware die nicht nur ein Kommunikationsplattform bietet und alle Prozesse auch steuert (klassischerweise Projektmanagementsysteme) sondern dazu auch das Bausoll über alle Planungs- und Bauphase und den Gebäudebetrieb für alle Verfügbar macht. Das Werkzeug, das dieses leisten soll, wurde bereits vorgestellt (Innovationsplattform, 5D) und soll hier unter dem Aspekt der Kommunikation weiter erläutern werden.

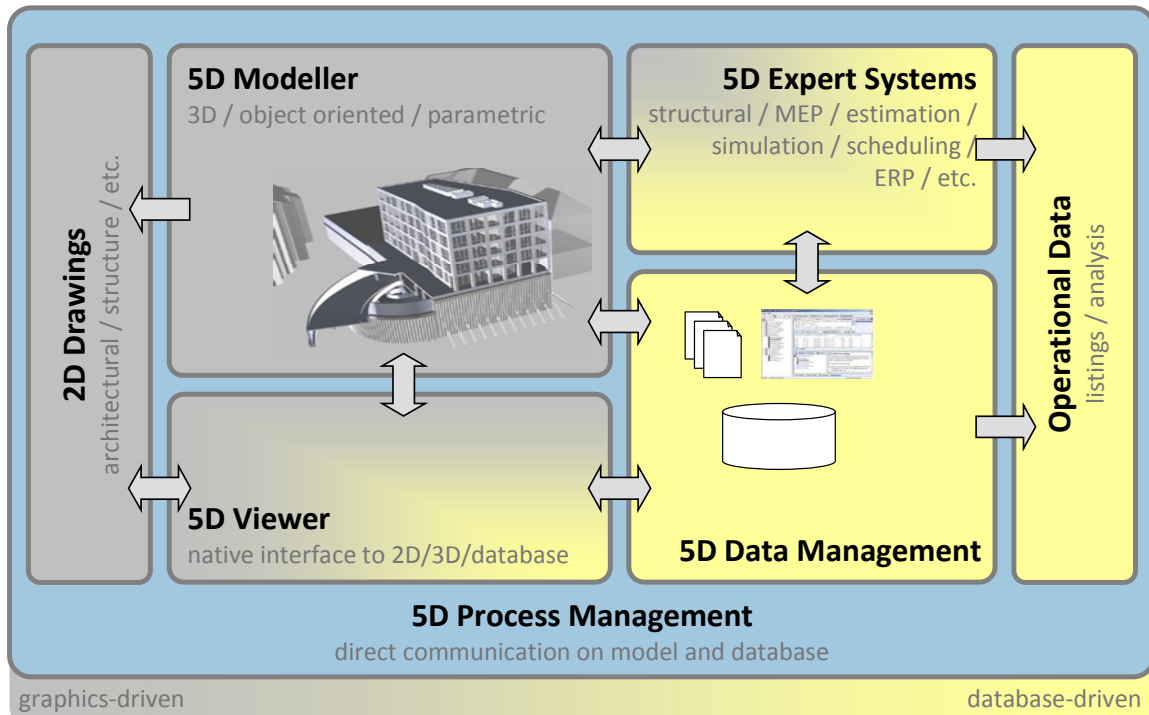
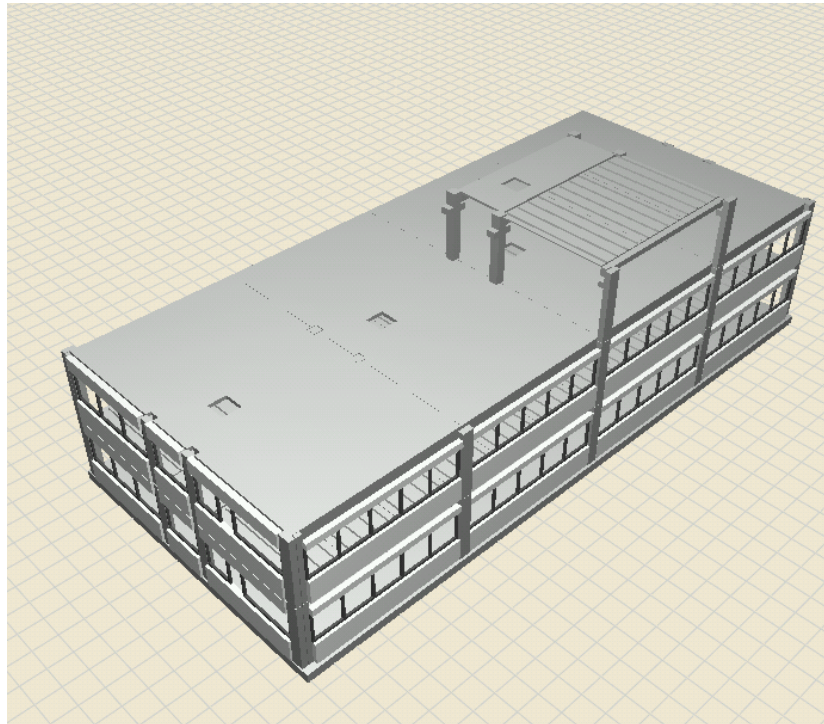


Abb. 5.1.6-2: Prozessmanagement und Kommunikation ist das verbindende Element im Gesamtkonzept der Innovationsplattform

Die Einbindung aller Beteiligten sollte grundsätzlich zu einem frühen Zeitpunkt im Projekt geschehen. Aus der Sicht des Generalunternehmers ist es essenziell wichtig die Ausführungskompetenz bereits in die Planungsphase einzubinden. Nur so können alle Optimierungspotenziale genutzt werden, dadurch erhält der Bauherr zu einem frühen Zeitpunkt Kosten-, Qualitäts- und Terminsicherheit. So werden auch die Risiken für alle Parteien minimiert.

Alle projektrelevanten Ziele sollten vom Bauherr, Planende sowie Ausführende gemeinsam definiert und festgehalten werden. Sowohl die objektiven Ziele (Kosten, Termine, Qualität, Arbeitssicherheit) als auch die subjektiven Ziele (Teamgeist, Kommunikation, Organisation, Entscheidungsfindung) sollten so definiert werden, dass sie messbar und kontrollierbar sind. Die Kosten sollen transparent und kontinuierlich aufgeschlüsselt und dargestellt werden können.

Diese Vorgehensweise erfordert eine unterschiedliche Sicht auf eine gemeinsame Datenbasis, die auch als Kommunikationsplattform zu dienen hat. Nur so sind die Vermeidung von Schnittstellenverlusten und die Durchgängigkeit in allen Prozessschritten hin zu Ressourceneffizienten Gebäuden umfassend möglich.



*Abb. 5.1.6-2: Gemeinsame Definition des Bausolls auf einer gemeinsamen Datenbasis als Kommunikationsgrundlage: hier die geometrische Gebäudekonfiguration in eine frühen Phase*

In der Praxis bedeutet dies derzeit die konsequente Anwendung bestehender Softwarelösungen, die allerdings nicht alle Bedürfnissen der Bauindustrie abdecken. In der Umsetzung im Rahmen dieses Projektes wurden zwar unterschiedliche Werkzeuge benutzt, das Bestreben ist es aber, alle Daten auf einer gemeinsamen Grundlage fortzuführen. Konkrete Aspekte werden in der Projektpraxis bereits intensiv genutzt, so z.B. die Kollisionsprüfung der wichtigsten Gewerke in der Planungs- und Ausführungsphase.

Die Komplexität der Planung nimmt dabei stetig zu, so dass ohnehin schon viele Gewerke bereits heute auf eine durchgängige Planung und Abstimmung in 3D setzen. Doch mit der Feststellung, dass eine Kollision vorliegt ist nur der erste Schritt getan. Diese muss dokumentiert, zur Behebung kommuniziert werden, die Änderungen müssen in den Planungsunterlagen einfließen usw.: Kurzum, ein entsprechender Work Flow muss unabdingbar hinterlegt sein um diese Anpassung der Planung für alle nachvollziehbar festzuhalten und in allen Planungsunterlagen einzupflegen. Hier wird klar, dass das Prozessmanagement und die Kommunikationswege hier die Schlüsselrollen spielen. Entsprechende PLM Lösungen wurden bereit in anderen Kapiteln angesprochen.

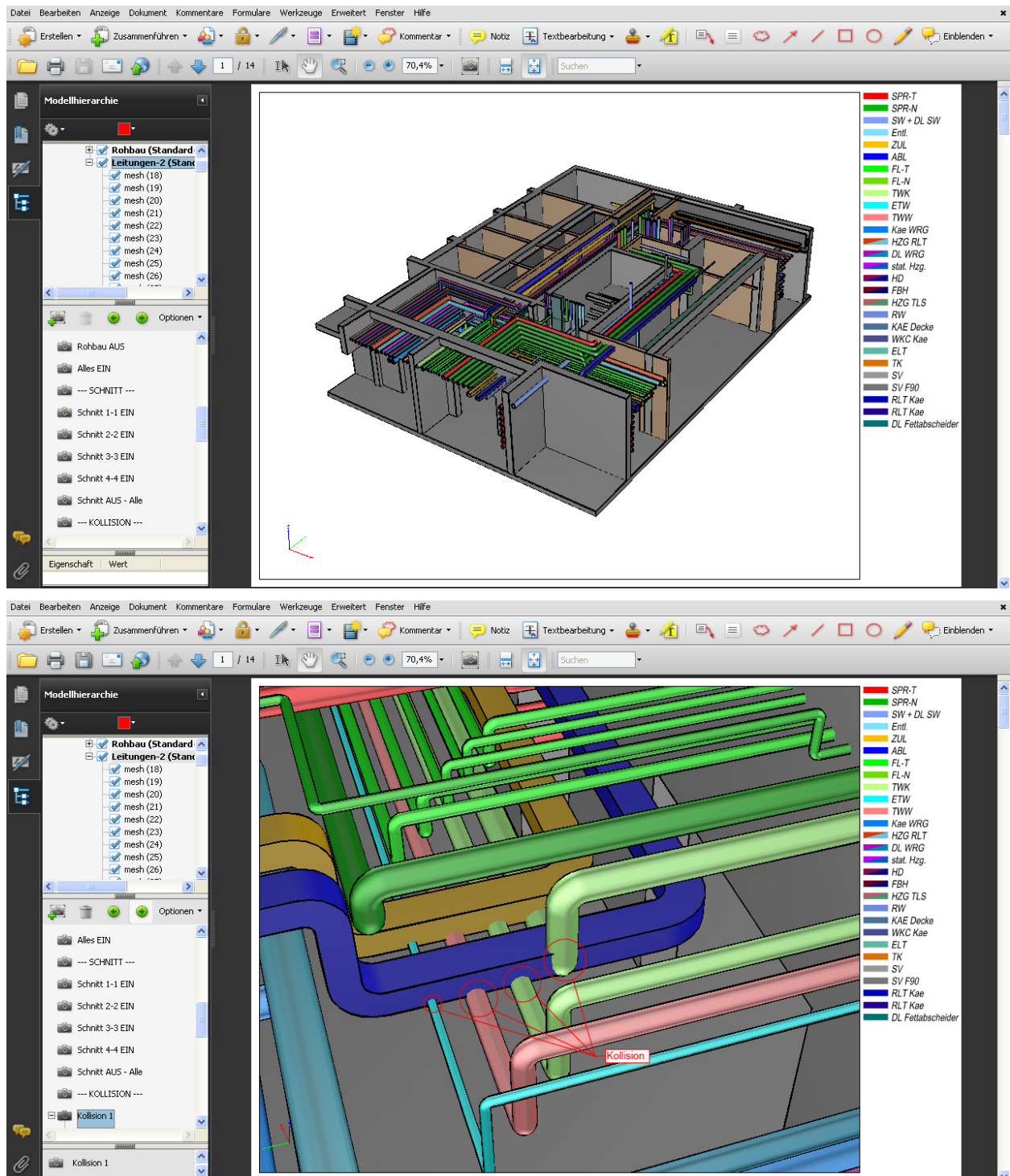
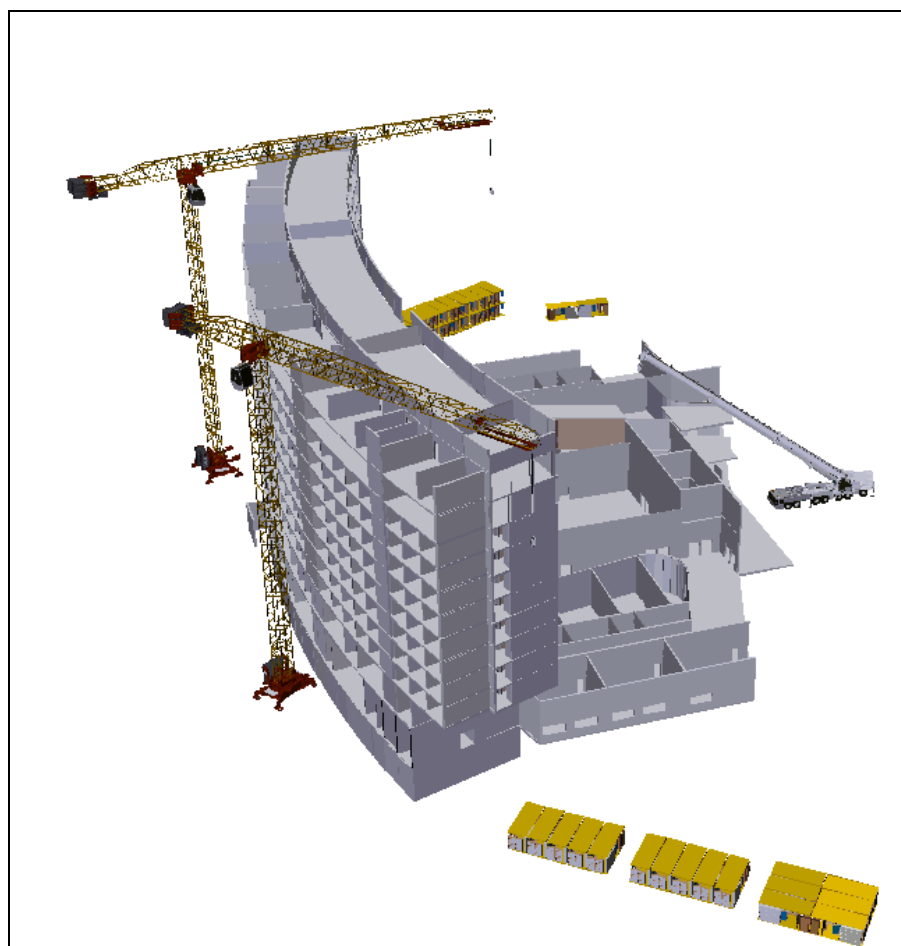


Abb. 5.1.6-3: Beispiel für die Feststellung einer Kollision; nur der erste Schritt zu Behebung

Das Beispiel der Kollisionsprüfung kann auf viele Aspekte der Planung, Ausführung und des Betriebes ausgedehnt werden, aber stets mit der gleichen Feststellung hinsichtlich der Notwendigkeit von vernetzten Kommunikationswerkzeugen. Ob es um die Koordinierung der

Schnittstellen von Hauptgewerke, die Abgrenzung der Leistungen, Anpassungen im zeitlichen Ablauf auf der Baustelle oder Anforderungen aus dem Facility Management sind, alle werden von diesem Werkzeug Gebrauch machen.



*Abb. 5.1.6-4: Bauablauf gekoppelt mit dem 3D Modell*

Ressourceneffizient zu bauen bedeutet state-of-the-art Technologien und Materialien für die jeweilige Anwendung optimal aufeinander abzustimmen und für das betreffende Bauprojekt bestmöglich einzubringen. Hieraus resultieren weitere Anforderungen an die ohnehin komplexen Bauprozessen. Ohne eine Plattform, die eine entsprechend verbesserte, transparente und nachvollziehbare Abstimmung zulässt, sind diese Ziele nur sehr schwer zu erreichen. Die hier beschriebene Innovationsplattform berücksichtigt diese Anforderungen in ihrer grundlegenden Konzeption und Umsetzung.



## 5.2 QUEEN

### 5.2.1 Einleitung

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes „REG – Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ wurden die bestehenden Objekte in Stuttgart **Züblin - Haus, Z-zwo** und **DVA Neckarstrasse** gewählt und in deren gebäudetechnischen (Bautechnik und TGA) Gegebenheiten wie mit realen Energieverbrauchswerten erhoben und dokumentiert (Null-Messung).

Die vorgenannten, erhobene Werte bilden Grundlage und Ausgangsbasis für nachstehende Betrachtungen, die auf die Erfassung bzw. Abschätzung innewohnenden Potentials zur Reduktion des Energieverbrauches, der sich durch den Betrieb von haustechnischen Anlagen (Heizung, Kühlung, Lüftung) – real für bestehende Systeme und fiktiv für optionale Alternativsysteme ergibt, abzielt. Gleichzeitig sollen neue Blickpunkte und Erkenntnisse zur Gültigkeit der angewendeten Methodik herausgearbeitet werden.

Im Abschnitt „**Forschungsbericht**“ wird die angewandte Methodik und Systematik und zu den Untersuchungen, wie Ergebnisse dargestellt.

Der Abschnitt „**Fazit**“ ist der Interpretation der erarbeiteten Ergebnisse wie resultierenden Schlussfolgerungen wie Ausblicken gewidmet.

Im Abschnitt „**Anlagen**“ werden wesentliche projektspezifische Informationen, Daten und gebäudetechnische Kennwerte, auf die im Text „Forschungsbericht“ bei Bedarf verwiesen wird, zusammengefasst dargestellt.

## 5.2.2 Forschungsbericht

### 5.2.2.1 Methodik

Um eine dem praktischen Betrieb angenäherte Grundlage für Vergleichsrechnungen bezüglich der energetischen Auswirkungen von TGA - Systemen zu schaffen, sind hinsichtlich der Modellbildung prinzipiell folgende Forderungen zu stellen:

Erfassung und thermodynamische Nachbildung des in Betrachtung befindlichen Gebäudes hinsichtlich der thermisch - energetischen Kennwerte so nahe wie, gemessen an der Genauigkeit der Ergebnisse, möglich am ISTSTAND durch:

1. Nachbau der realen Gebäudegeometrie hinsichtlich:

- Flächen- und Raumvolumina
- Standort und Orientierung (topographisch und außenklimatisch)
- Zuordnung / Aufteilung in thermische Zonen
- Definition und Zuweisung der Zonen - Umschließungsflächen von Baukonstruktionen als Gesamtheit von Baustoffschichten, jeweils definiert durch
  - Schichtdicke  $d$  [m]
  - Wärmeleitfähigkeit  $\lambda$  [W/(m<sup>2</sup>K)]
  - Rohdichte  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]
  - Spez. Wärmekapazität  $c$  [J/(kgK)]
  - Inner und äußerer Wärmeübergangswiderstand  $R$  [(m<sup>2</sup>K)/W] in Abhängigkeit der Exposition und Einbaulage

2. Verwendung eines zur Aufgabenstellung passendes Instrumentariums, wie:

- Mathematisch-physikalische Rechenmodelle zur Lösung von ein- und mehrdimensionalen Wärmeleichungen, instationär, zeitdiskret,
  - für homogenes wie inhomogenes Material geeignet für Diskretisierung und Verarbeitung von Tageslastgängen – stündlich aufgeprägt. Zeitdauer der Betrachtung: 8760 Stunden/Jahr

- für Baugruppen der TGA (Versorgung und Übergabe) wie Wärme- und Kälteerzeuger, Heizkörper, fan coils, Lüftungsgeräte, etc.
- für die Regelfähigkeit von TGA - Systemen hinsichtlich:
  - sollwertabhängig gesteuerter Raumklimate
  - definierter Zeitprofile bzw. zeitdiskreter thermischer Belastungen (Personen, Beleuchtung, Maschinen)

### 5.2.2.2 Zur Systematik und zum Arbeitsablauf - QUEEN

Um den Anforderungen an die notwendige Methodik systematisch, strukturiert und ökonomisch-effizient, die Bearbeitung der Aufgabenstellung betreffend, zu entsprechen, wurde das **Software-Tool „QUEEN – Qualität, Energie-Effizienz, Nachhaltigkeit“** zur Verwendung gebracht.

QUEEN vereint und nutzt synergetisch die Vorteile der frei verfügbaren – „State of the Art“ – Tools:

- Google SketchUp zur Modellierung der Geometrie in 3D
- OpenStudio Plugin für Google SketchUp zur thermischen Modellierung von Zonen
- EnergyPlus zur Simulation des thermisch-energetischen Verhaltens von Zonen und TGA - Systemen,

und steuert als Koordinationsschnittstelle die jeweiligen Module und dient andererseits als zentrale Projektdatenverwaltung.

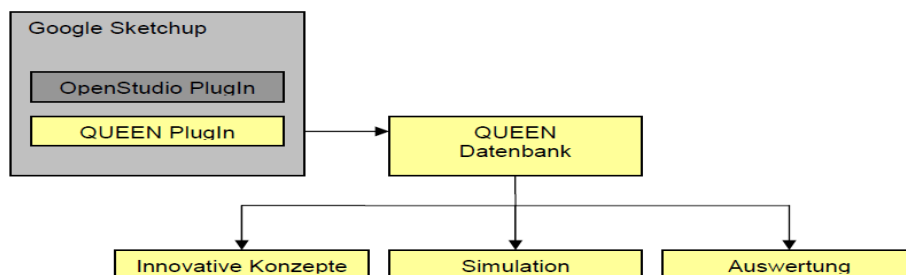


Abb. 5.2.2.2- 1: QUEEN - Programmstruktur



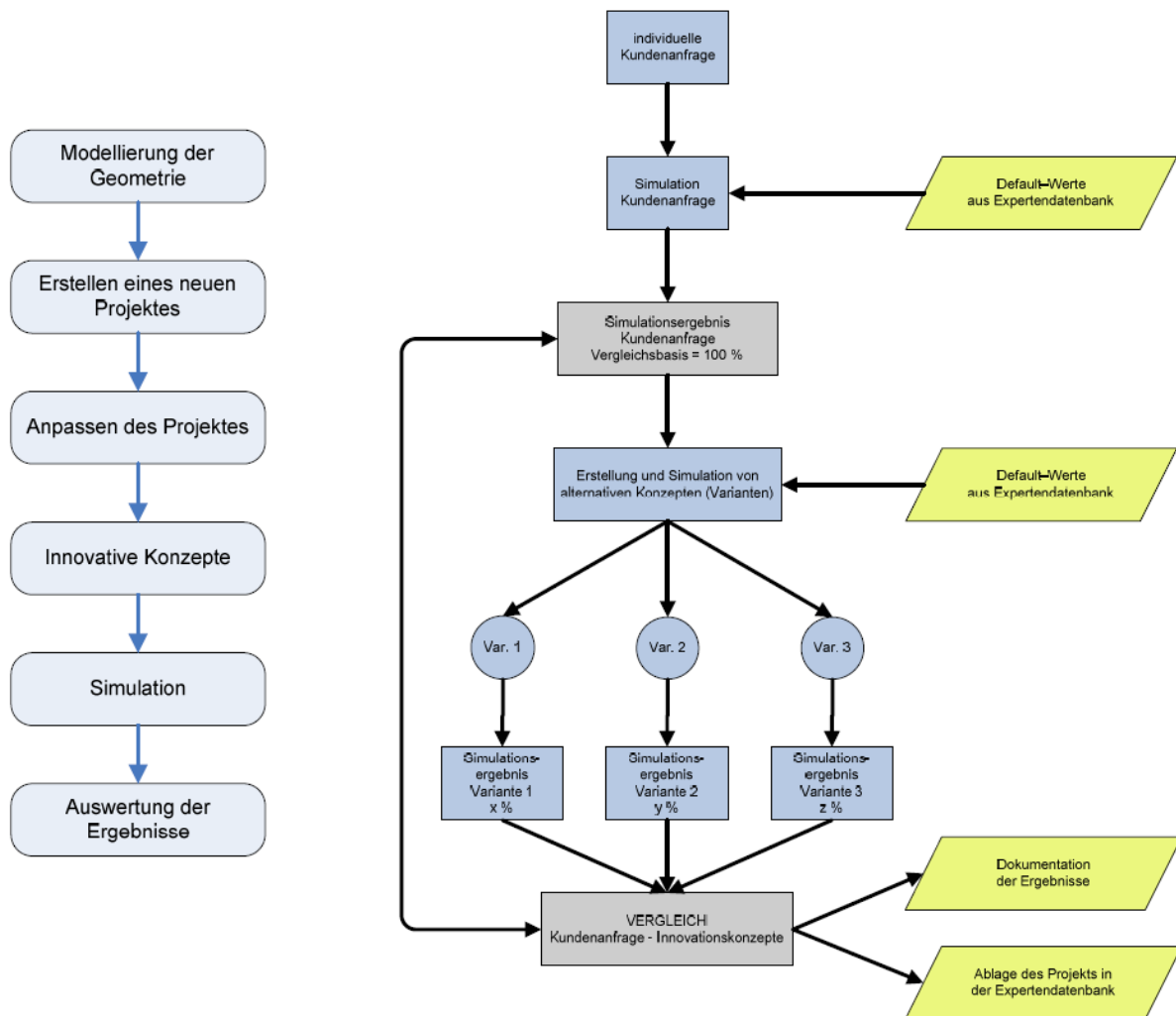


Abb. 5.2.2.2- 2: QUEEN – Programmstruktur und Arbeitsablauf

Wesentliche Bearbeitungsschritte im Gesamtablauf der Erstellung, Bearbeitung, Simulation und Auswertung eines Projektes sind in Abb.2 dargestellt.

Beginnend mit der 3D-Modellierung und Abbildung der Geometrie eines zu untersuchenden Gebäudes wird nach Definition allgemeiner, grundlegender Projektinformationen ein neues Projekt angelegt, das gegebenenfalls durch benutzerdefinierte Anpassungen (Basisprojekt) für die Simulation vorbereitet wird bzw. auf dessen Grundlage Innovative Konzepte erstellt werden können. Simulationsrechnungen des Basisprojektes wie allfälliger Innovativer Konzepte liefern quantitative wie qualitative Aussagen hinsichtlich Energieeinsatz und –verbrauch, verursacht durch das den Berechnungen zugrunde gelegte Objekt mit zugewiesenen Lastprofilen und TGA-Ausstattungen. Über Berichte, Charting- und Benchmarking-Tools können selektiv relevante Ausgabeparameter direkt verglichen werden.

### **5.2.2.3 Die Welt hinter QUEEN (Matrix – Variantenalgorithmus - Simulation):**

#### **Aufgabenstellung**

Für ein mit Google-SketchUp modelliertes Gebäude und mit dem dafür entwickelten QUEEN-Plugin erstellten Projekt soll automatisiert nach wählbaren Kriterien aus einer Auswahlliste Projektvarianten durch Variation von Bautechnik und/oder TGA-Systeme bzw. TGA-Komponenten erstellt werden können, um diese mit dem Instrument „Thermische Gebäudesimulation (TBS)“ nach leistungs- und energietechnischen Gesichtspunkten in den Auswirkungen vergleichen zu können.

#### **Matrix (Technologie-Matrix):**

Mit dem Algorithmus zur Variantenerstellung (siehe dazu auch nächster Abschnitt) ist es möglich Varianten von Projekten zu generieren. Der Anwender von QUEEN beeinflusst Prioritäten bezüglich Parameter der Bautechnik und/oder Gebäudetechnik über eine sogenannte „Prioritätenliste“. Das „Herzstück“ und Grundlage für den Algorithmus bildet die „Matrix“, in der in 19 Gruppen mit insgesamt 83 Elementen systembestimmende Faktoren bzw. Komponenten angeordnet sind.

Der Algorithmus basiert auf dem mathematischen Modell der Graphentheorie. Aufgabe des Algorithmus ist es, unterschiedliche Pfade zwischen den Elementen zu finden und für jeden gefundenen Pfad, diesen in Bezug auf definierte Prioritätskriterien auf Validität zu prüfen. Bei positiven Ergebnis (Ergebnis = wahr) wird dieser Pfad als mögliche „Variante“ gespeichert.

In solch einer Matrix sind alle möglichen Verbindungen untereinander als Knoten abgelegt. Die Knoten (Elemente) widerspiegeln Untergruppen von Baukonstruktionen, Materialien und TGA - Komponenten. Verbindungen zwischen Knoten zeigen an, dass diese miteinander kombiniert werden können.

Somit repräsentiert die Matrix das kumulierte Expertenwissen der Fachgebiete Bautechnik und Technische Gebäudeausrüstung um Komponenten, die miteinander sinnvoll kombiniert oder auch nicht kombiniert werden können.

STRABAG Queen: Technologiematrix zur Erstellung von Varianten

|           |  |  |
|-----------|--|--|
| Gruppe 1  | Vorauswahl: Gebäudetyp                               | obligatorische Abfrage (IDD: type object-list)                                       |
| Gruppe 2  | Vorauswahl: Fassade                                  |  |
| Gruppe 3  | Vorauswahl: Raumtiefe                                |  |
| Gruppe 4  | Vorauswahl: Zwischendeckenkonstruktion               |  |
| Gruppe 5  | Vorauswahl: TGA                                      |  |
| Gruppe 6  | Bauweise   | optionale Einschränkungen mittels Prioritätenliste möglich (IDD: type choice Yes/No) |
| Gruppe 7  | opake Bauteile                                       |  |
| Gruppe 8  | transparente Bauteile                                |  |
| Gruppe 9  | mechanischer Sonnenschutz                            |  |
| Gruppe 10 | Energieversorgung: Heizungswarmwasser                |  |
| Gruppe 11 | Energieversorgung: Kaltwasser                        |  |
| Gruppe 12 | Energieversorgung: Heizungswarmwasser und Kaltwasser |  |
| Gruppe 13 | Umweltenergie  |  |
| Gruppe 14 | Speicher   |  |
| Gruppe 15 | Infiltration   |  |
| Gruppe 16 | TGA Lüftungsanlage                                   |  |
| Gruppe 17 | TGA Energieübergabe - konvektiv                      |  |
| Gruppe 18 | TGA Energieübergabe - statisch                       |  |
| Gruppe 19 | TGA Energieübergabe - Strahlung                      |  |

**Legende**

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| 6   | Maximale Punkteanzahl         |
| 2-5 | Verbindung bevorzugt          |
| 1   | Verbindung möglich            |
| 0   | Verbindung nicht möglich      |
| +   | Verbindung nicht möglich (E+) |
| X   | System nicht verfügbar (E+)   |

\*\*\* NOTE \*\*\*  
**THIS IS THE FINAL VERSION OF THE MATRIX. THIS ALSO IS THE WAY IT WILL BE REPRESENTED IN THE NUMBERS OF GROUPS AND SUBGROUPS ARE NOW FIXED. THE NAMES OF THE GROUPS AND SUBGROUPS ARE REPRESENTED IN THE IDD AS IS.**

TOTAL No. OF GROUPS: 19  
TOTAL No. OF SUBGROUPS: 83

| GRUPE | No. of Group | No. of Subgroup | GRUPE  |      |            |         |                 |                          |                          |                 |                 |  |                                      |         |                   |   |         |                               |                               |                     |                 |                 |                 |                    |                           |                               |  |  |  |  |   |                              |                                   |                                   |  |                                    |                                   |  |  |  |
|-------|--------------|-----------------|--------|------|------------|---------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------|--|--------------------------------------|---------|-------------------|---|---------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|--|--|--|--|---|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|------------------------------------|-----------------------------------|--|--|--|
|       |              |                 | 1      |      |            | 2       |                 |                          | 3                        |                 |                 | 4  |                                      |         | 5                 |   |         |                               |                               |                     | 6               |                 |                 | 7                  |                           |                               | 8  |  |  |  |   |                              | 9                                 |                                   |  |                                    |                                   |  |  |  |
|       |              |                 | Hotell | Büro | Lagerhalle | Wohnung | Einkaufszentrum | Glasfläche > 50% Fassade | Glasfläche < 50% Fassade | Raumtiefe > 10m | Raumtiefe < 10m | Abgehängte Decke / Doppelboden vorhanden | keine abgehängte Decke / Doppelboden | Heizung | Heizung - Kühlung | Heizung - Kühlung - mechanische Lüftung | Kühlung | Kühlung - mechanische Lüftung | Heizung - mechanische Lüftung | Mechanische Lüftung | Bauweise LEICHT | Bauweise MITTEL | Bauweise SCHWER | Erhöhte Dämmstärke | Transparente Wärmedämmung | Flechtlagebegrünung, extensiv | Verglasung U < 0.9 W/m <sup>2</sup> K, g < 0.4 | Verglasung U < 0.9 W/m <sup>2</sup> K, g = 0.4 | Verglasung U = 0.9 W/m <sup>2</sup> K, g < 0.4 | Verglasung U = 0.9 W/m <sup>2</sup> K, g > 0.4 | Verglasung U > 1.3 W/m <sup>2</sup> K, g = beliebig | Elektrothermische Verglasung | Sonnenschutz (Blind) außenliegend | Sonnenschutz (Blind) innenliegend | Sonnenschutz (Blind) zwischen Verglasung | Sonnenschutz (Screen) außenliegend | Sonnenschutz (Shade) innenliegend |  |  |  |
|       | 1            | 1               |        |      |            |         |                 |                          |                          |                 |                 |  |                                      |         |                   |   |         |                               |                               |                     |                 |                 |                 |                    |                           |                               |  |  |  |  |   |                              |                                   |                                   |  |                                    |                                   |  |  |  |

Abb. 5.2.2.3- 3: Technologie-Matrix (Auszug)

Mit Hilfe der Matrix und den hinterlegten Informationen bezüglich Verbindungen und deren Gewichtungen kann eine Grobabschätzung bezüglich der Vorteilhaftigkeit einer Variante gegenüber einer anderen abgeschätzt werden.

**Struktur und Inhalt:**

Aus der mathematischen Sicht entspricht die Matrix in Aufbau und Funktion einem „gewichteten gerichteten Graphen“, der mit jeder Verbindung zwischen zwei Knoten eine dedizierte Richtung und eine Gewichtung (Betrag) besitzt. Die Richtungsinformation ist bedeutungsvoll für die notwendige Charakteristik des Such-Algorithmus, die Gewichtung liefert eine Aussage über die Qualität der Variante.

### **Variantenbildung / Such-Algorithmus:**

Bei der Erstellung der Varianten ist es erforderlich, dass ausschließlich Komponenten gewählt werden, die einerseits virtuell zusammengebaut eine realisierbare Funktionalität in der Realwelt ermöglichen und andererseits als thermisches Modell den Forderungen und Eingangskriterien des TBS-Tools entsprechen. Da die Unterschiede zwischen den Varianten durch Variation von Parametern erst durch die Berechnung mit dem TBS-Tool quantifiziert werden ist es auch notwendig vor Durchführung einer Simulation eine Abschätzung treffen zu können, wie gut oder schlecht Komponenten wahrscheinlich zusammenpassen werden. Durch eine Vorbewertung wird die Wahrscheinlichkeit, eine Variante nahe oder im optimalen Lösungsfeld zu finden und damit sinnvoller Weise rechnen zu lassen, deutlich erhöht – siehe dazu Abb.: 4. Dadurch werden die spezifischen Suchkosten, die in erster Linie durch die Konsumation von Rechenzeiten und Personalaufwendungen entstehen, auf einen Bruchteil von den Kosten reduziert, die üblicherweise mit der Methode „Versuch & Irrtum“ durch notwendiges Erkennen und Ausscheiden von „Nieten“ anfallen.

Ergänzend ist festzustellen, dass mit der automatisierten Zusammenführung der im Allgemeinen „stand alone“ operierenden Expertensysteme „Bautechnik“ und „Technische Gebäudeausrüstung“ in ein übergeordnetes Metasystem „Gebäude“ das Phänomen „Psychologische Trägheit<sup>1</sup> kontrolliert umgangen wird. Mit dieser Maßnahme wird auch der Tendenz, lediglich Teilsysteme zu optimieren, die konsequent zu suboptimalen Gesamtsystemen führen, vorteilhaft entgegen gewirkt.

### Grundkonzept Variantenbildung:

Ausgangspunkt bildet das Modell des „ungerichteten Graphen“, in dem im ersten Schritt einzelne Elemente (Knoten) zu Komponentengruppen zusammengefasst werden. Eine Verbindung symbolisiert Kombinierbarkeit (Abb. 5).

---

<sup>1</sup> Psychologische Trägheit (umgangsspr. „Betriebsblindheit“):

Bei Problemen und oft auch bei einfacheren Aufgabenstellungen, besteht die Hauptschwierigkeit zumeist darin, dass vorgefaßte Meinungen davon abhalten, das zu lösende Problem unvoreingenommen zu betrachten.

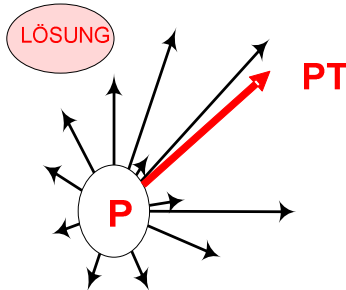
Es gibt ein Problem (P); der psychologische Trägheitsvektor (PV) führt dazu, dass – je nach Kompetenz der Mitwirkenden - Ursachen und Lösungen in bestimmten, erfolgversprechenden Richtungen gesucht werden.

Lösungsversuche (V) schlagen aber (tendenziell und graduell unterschiedlich) fehl, weil die Lösungen ganz wo anders – meist viel näher am Problem – liegen. Die zu implementierende Vorbewertungsroutine hat den möglichen Lösungsraum so zu detektieren und abzugrenzen, dass Handlungsanweisungen für die Auswahl von Varianten schlüssig abgeleitet werden können.

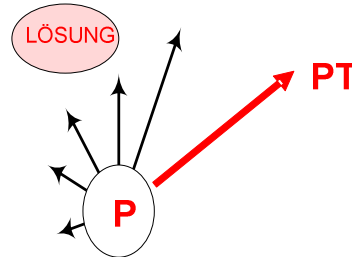
Für die Lösungssuche innerhalb von QUEEN wird analog zu TRIZ (Theorie der erfinderischen Problemlösung) ein Algorithmus zur „Einengung des Lösungsraumes“ verwendet. Mathematische Grundlage dafür bildet die Graphentheorie.

**Lösungssuche**

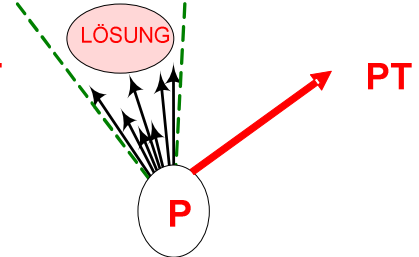
mit Versuch und Irrtum



mit Expertensystemen -  
konventionell

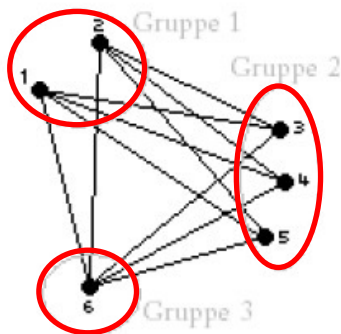


mit  
QUEEN



**P** ... Problem  
**PT** ... psychologischer Trägheitsvektor

Abb. . 5.2.2.3- 4: gezielte Lösungssuche durch Vorbewertung - Präqualifikation



|          | Knoten 1 | Knoten 2 | Knoten 3 | Knoten 4 | Knoten 5 | Knoten 6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Knoten 1 | 0        | 0        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| Knoten 2 | 0        | 0        | 1        | 1        | 1        | 1        |
| Knoten 3 | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 4 | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 5 | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 6 | 1        | 1        | 1        | 1        | 1        | 0        |

Abb. 5.2.2.3-5: Ungerichteter Graph mit gruppierten Knoten und Adjazenzmatrix

Wie können nun aber aus reinen Informationen, welche Komponenten miteinander kompatibel sind, Varianten für ein Projekt erstellt werden?

Regeln für gültige Varianten:

- eine gültige Variante enthält immer genau ein Element jeder Gruppe
- die Elemente müssen untereinander kompatibel (= im Graph verbunden) sein

Ist eine dieser beiden Regeln nicht erfüllt scheidet die Kombination der Elemente als Variante aus.

Um alle gültigen Varianten zu finden ist es notwendig, alle möglichen Pfade durch den Graphen zu durchschreiten, die die genannten Bedingungen erfüllen.

Diese Vorgehensweise soll an den nachstehenden Beispielgraphen veranschaulicht werden.

Bei beiden Abbildungen stellen durchgezogene Verbindungen miteinander kombinierte Elemente und punktierte Linien nicht miteinander kombinierbare Elemente dar. Wie man in Abb.6 stellt der markierte Pfad KEINE gültige Variante dar. Zwar beinhaltet der Pfad 4 Elemente aus je 4 Gruppen aber die Verbindung von Element 4 zu Element 8 ist NICHT gegeben. Im Gegensatz dazu besteht gemäß Abb. 7 zwischen allen gewählten Elementen Verbindungen, weswegen die Variante 1-3-5-8 als eine von anderen möglichen Varianten GÜLTIG ist.

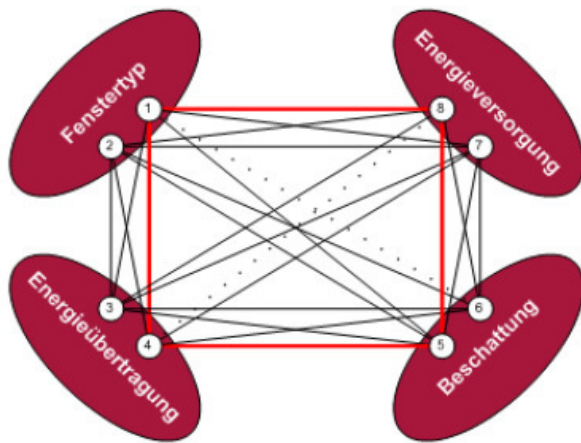


Abb. 5.2.2.3- 6: ungültige Variante (1-4-5-8)

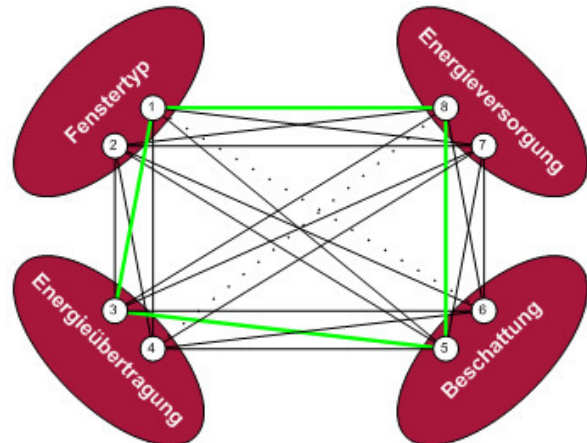


Abb. 5.2.2.3-7: gültige Variante (1-3-5-8)

Wurde mit Vorgesagtem gezeigt wie grundsätzlich eine gültige Variante gefunden werden kann so ist, um den Suchprozess auf den Anwendungsfall abgestimmt, möglichst schnell, effektiv und automatisiert zu gestalten, ein Algorithmus zu wählen, der als wesentliches Charakteristikum jenes besitzt, dass mehrmaliges Durchschreiten von Pfaden in die selbe oder gegenläufige Richtung (= Produktion von redundanten Informationen) sicher vermieden wird. Um zu erreichen, dass der Graph nur in eine bestimmte Richtung durchlaufen wird und es auch zu keinen Richtungsänderungen kommen kann, wird der „ungerichtete Graph“ zu einem „gerichteten Graph“ umgebaut, in dem Verbindungen eine vorgegebene Orientierung, Richtung besitzen, nach der durch den Graph bewegt wird.

Dabei wird so vorgegangen, dass die Orientierung der Verbindung von einem Knoten mit niedriger Ordnungszahl zu einem mit einer höheren Ordnungszahl erfolgt. Wie aus Abb. 8

ersichtlich liegt für die Gruppe 3 – Gruppe mit der höchsten Ordnungszahl – und deren Knoten – hier nur einer – eine Ausnahme vor. Diese haben als Nachfolgeknoten die Knoten der Gruppe 1. Mit dieser Maßnahme erhält jeder Knoten eine definierte Anzahl an Vorgänger- und Nachfolgerknoten.

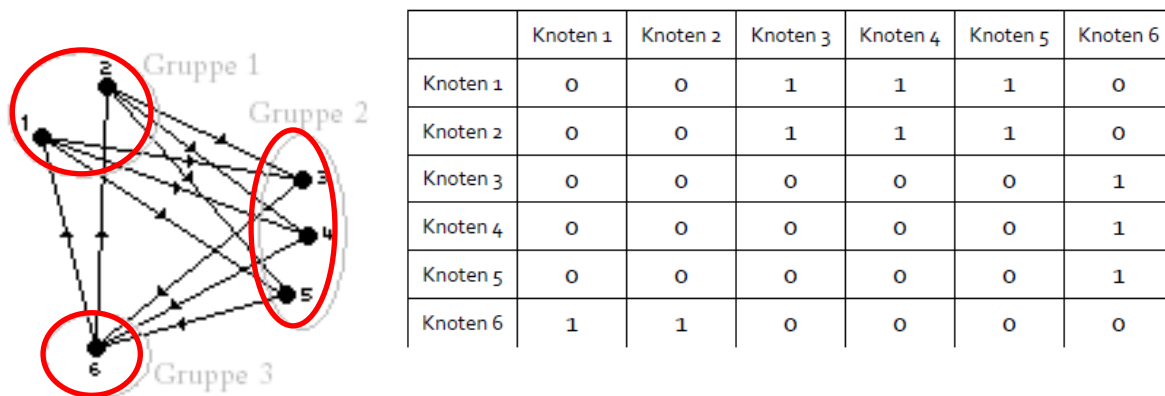


Abb. 5.2.2.3-8: Gerichteter Graph mit gruppierten Knoten und Adjazenzmatrix

Aus der Adjazenzmatrix gemäß Abb. 8 ist gut zu erkennen, dass im Gegensatz zum „ungerichteten Graph“ redundante Informationen - jede Verbindung ist nur einmal vermerkt – vermieden wird.

Der entwickelte Algorithmus geht nun wie folgt vor:

- a) Zuerst werden alle Knoten der Gruppe 1 in eine Warteliste geschoben. In dieser Warteliste sollen alle bisher gefundenen Wege abgespeichert werden, solange sie sich noch nicht als Sackgassen bzw. gültige Varianten herausgestellt haben. Vor dem ersten Schritt ist diese Warteliste leer, nach diesem Schritt befinden sich alle Wege mit der Länge 1 darin.
- b) Dann wird der nächste Weg aus der Warteliste genommen.
- c) Nun wird untersucht ob es sich bereits um eine gültige Variante handelt. Wenn ja wird diese abgespeichert und es geht bei Schritt b) weiter. Wenn nein, dann folgt Schritt d).
- d) Es wird der Endknoten des zu untersuchenden Weges gesucht und überprüft ob dieser Nachfolgeknoten hat. Gibt es solche, dann werden diese einzeln darauf überprüft ob sie



eine höhere Ordnungsnummer als der momentane Endknoten haben und mit allen anderen Knoten des bisher gefundenen Weges kompatibel ist. Für die Knoten, die beide Bedingungen erfüllen wird nun jeweils ein neuer Weg in die Warteliste gegeben. Diese neu zu untersuchenden Wege bestehen aus dem Weg welcher in Schritt b) aus der Warteliste genommen wurde und immer einem der gültigen neuen Knoten, welche die neuen Endknoten der Wege darstellen.

- e) Zu aller letzt wird untersucht ob die Warteliste leer ist, wenn ja wurden alle möglichen Varianten gefunden und abgespeichert, wenn nein, dann geht es bei Schritt b) weiter.

Eine Darstellung dieses Ablaufes in Form eines Flussdiagramms ist im Abschnitt „Anlage“ zu finden.

Dieser Algorithmus wird nur einmal ausgeführt. Je nach Menge der Knoten des Graphen und vor allem der Anzahl der Verbindungen dieser Knoten müssen die einzelnen Schritte der Suchanweisung sehr häufig durchlaufen werden.

Leicht erkennbar ist, dass es sich für das Finden verschiedener Varianten um eine rechenintensive Aufgabe handelt, die dadurch zustande kommt, dass von vornherein, per Definition, keine Variante ausgeschlossen werden soll und damit stochiastische Such-Modelle nicht angewendet werden können. Durch die Implementation von Ausschlußroutinen, die suboptimale und/oder unmögliche Verbindungen filtern, wird die Anzahl möglicher Varianten verringert und die Durchlaufzeit deutlich verringert.

Durch eine sinnvolle Beschränkung der Variationsbedingungen für Elemente von Gruppen könne die Variantenbildung noch effektiver gestaltet werden.

Als Beispiel dafür möge folgende typische Arbeitsaufgabe dienen:

Angenommen der Benutzer hat ein Projekt aus verschiedenen Komponenten erstellt. Nun will der Benutzer Varianten für sein Projekt automatisch erstellen lassen, allerdings sollen nur gewisse Teile variiert werden während andere gleich belieben sollen. Beispielsweise soll ein bestimmtes Element aus der Gruppe „Wände“ beibehalten werden, während ein anderes Element aus dieser Gruppe niemals in Varianten auftauchen soll.


Dazu wird dem Benutzer zuerst eine Auswahl ermöglicht, in der er definieren kann welche der Untergruppen variiert werden soll und welche nicht. Dann wird an Hand dieser Informationen die Adjazenzmatrix (welche vollständig bekannt sein muss) angepasst. Bei Untergruppen, welche variiert werden sollen gibt es innerhalb der Matrix keine Änderungen.



Bei den Untergruppen, die nicht in den Varianten vorhanden sein sollen werden sollen, werden genau die Spalten und Zeilen gelöscht, die der Untergruppe entsprechen. Aus der auf diese Art und Weise reduzierten Matrix werden mit dem bereits vorgestellten Algorithmus alle möglichen Varianten erzeugt.

Durch die Reduktion der Matrix kann eine beträchtliche Beschleunigung der Berechnung herbeigeführt werden.

|          | Knoten 1 | Knoten 2 | Knoten 3 | Knoten 4 | Knoten 5 | Knoten 6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Knoten 1 | 0        | 0        | 1        | 1        | 1        | 0        |
| Knoten 2 | 0        | 0        | 1        | 1        | 1        | 0        |
| Knoten 3 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 4 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 5 | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 6 | 1        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        |



|          | Knoten 1 | Knoten 2 | Knoten 3 | Knoten 6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| Knoten 1 | 0        | 0        | 1        | 0        |
| Knoten 2 | 0        | 0        | 1        | 0        |
| Knoten 3 | 0        | 0        | 0        | 1        |
| Knoten 6 | 1        | 1        | 0        | 0        |

Abb. 5.2.2.3-9: Vollständige Adjazenzmatrix übergeführt in eine „reduzierte“ Adjazenzmatrix

Durch diese Einschränkung der Varianten wurden die vorher möglichen 6 Varianten auf 2 Varianten reduziert. Durch diese drastisch anmutende Maßnahme ist es möglich, die Vielfalt an denkbaren Kombinationen von Elementen auf eine handhabbare, für die Aufgabenstellung interessierende Anzahl herunter zu brechen. Durch die Verringerung der möglichen Variationen stellen die gefundenen Varianten sehr viel konkretere (weil spezifischere) Ergebnisse dar.

Diese Auswahl (= Beschränkung der Variantenvielfalt) wird über das Instrument der „QUEEN - Prioritätenliste“ (Abb.10) vom Benutzer vorgenommen.

Nicht nur die Berechnung der Varianten wird durch diese Verringerung der Streuung erheblich erleichtert, auch die Ergebnismenge wird dadurch kleiner und leichter überschaubar.

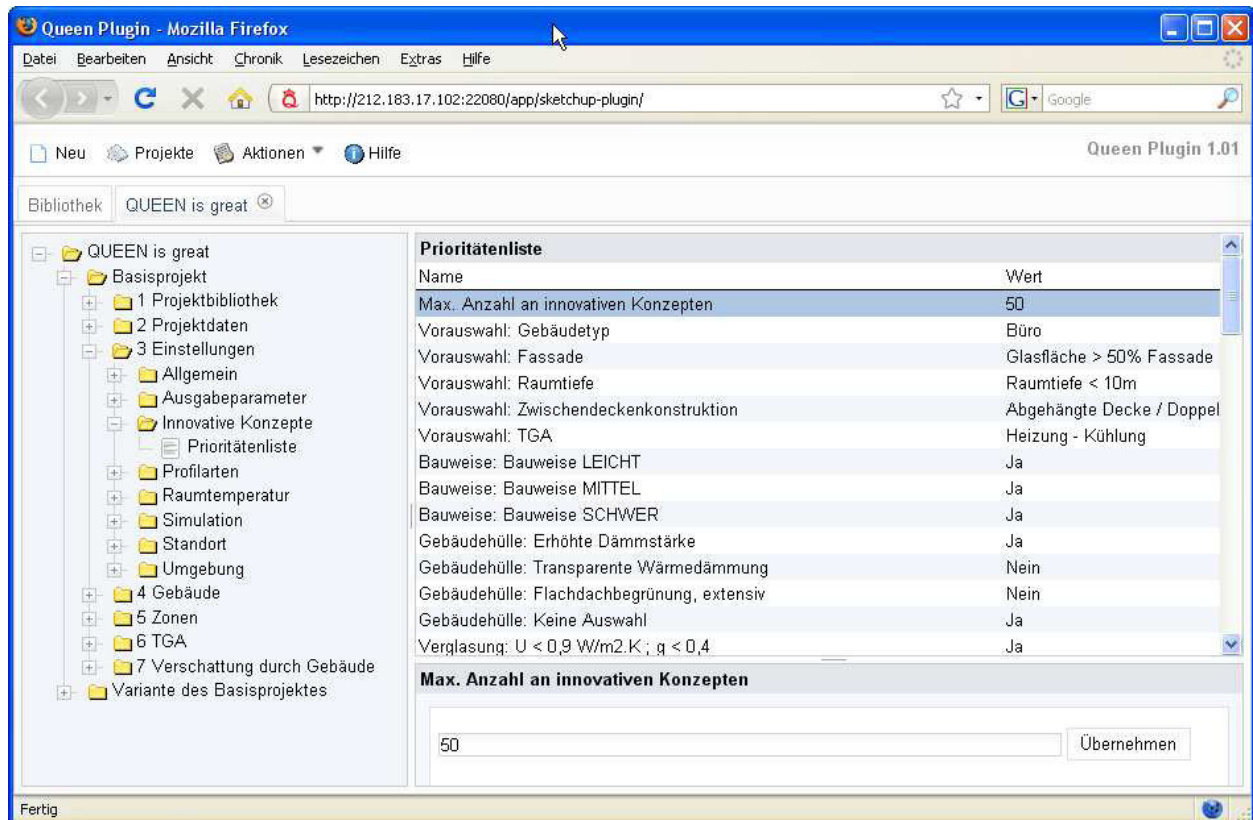


Abb. 5.2.2.3-10: Auswahlfeld „Prioritätenliste“

### Beurteilung der Varianten:

Nach Auffindung von möglichen Varianten, deren Anzahl sehr hoch sein kann, stellt sich die Frage nach der Qualität der einzelnen, aufgefundenen Varianten.

Die grundsätzliche Absicht der automatisierten Variantenbildung ist es, gute bzw. bessere Alternativen zu einem bestehenden bzw. erstellten Projekt zu finden.

Doch wie kann eine qualitative Bewertung aller Varianten aus der Gesamtmenge vorgenommen werden, ohne alle Varianten durch eine Simulation (TBS) zu schicken?

Wie muss eine Vorab-Bewertung aussehen, dass diese im Sinne der Abarbeitung des Auswahl-Algorithmus mit wenig Zusatzaufwand an Bearbeitungszeit auskommt, keine zeitintensive Simulation mittels TBS durchlaufen muss und aussagekräftig ist?

Kann die eingerichtete Matrix, in der Verbindungen von Knoten mit „1“ – als vorhanden und mit „0“ – als nicht vorhanden, gekennzeichnet sind, genutzt werden?

Kann über die Matrix auch über das Vorhandensein von Verbindungen hinaus dargestellt werden wie gut diese Verbindungen sind?

Mit dem gewählten Ansatz wird so vorgegangen, dass „besonders gute“ Verbindungen in der Matrix mit „6“ markiert werden. „Bevorzugte“ Verbindungen werden, je nach Präferenz, mit „2-5“ Punkten bewertet. Mathematisch gesprochen wird aus einem „gerichteten Graph ohne Gewichtung“ ein „Graph mit gewichteten Verbindungen“, mit dem die Vorgabe bezüglich Ungestörtheit des Algorithmus voll erfüllt wird.

Um die Zusatzinformation, welche durch die Gewichtung einzelner Verbindungen in der Matrix vorhanden ist, nutzen zu können, ist eine weiterer Berechnungsschritt notwendig. Nachdem alle möglichen Varianten berechnet wurden wird nun bei jeder der gefundenen Varianten das Gewicht aller Verbindungen aller Knoten aufsummiert.

Die Gesamtsumme aller Gewichtungen einer Variante ergibt eine Zahl mit deren Hilfe die Kompatibilität der Einzelemente anschaulich gemacht werden kann.

Es gilt: je höher die diese Zahl, desto besser ist die Qualität der Verbindungen.

Bei einer optimalen Verbindung ist das Gewicht jeder einzelnen Verbindung „6“

| Innovative Konzepte |   |                          |
|---------------------|---|--------------------------|
| Punkte              | Beschreibung  | Speichern                |
| 199                 | Bauweise: Mittel<br>Erhöhte Dämmstärke<br>Verglasung: $U < 0.9 \text{ W/m}^2\text{K} // g < 0.4$<br>Sonnenschutz (Jalousie) außenliegend<br>Fernwärme (H)<br>Fernkälte (K)<br>Bodenkonvektoren (H)<br>Statische Kühlflächen (K) | <input type="checkbox"/> |
| 198                 | Bauweise: Mittel<br>Erhöhte Dämmstärke<br>Verglasung: $U < 0.9 \text{ W/m}^2\text{K} // g < 0.4$<br>Sonnenschutz (Jalousie) außenliegend<br>Wärmepumpe Luft-Wasser (H)<br>Fernkälte (K)<br>Bodenkonvektoren (H)                 | <input type="checkbox"/> |

Die tatsächliche Bewertung an den Gesichtspunkten der Aufgabenstellung heraus – z.B.: Energieverbräuche, Leistungskennzahlen, Komponenten, Temperaturverläufe, etc. – ist auf Grundlage der vorgestellten „Prioritätenreihung“ selektiv für die interessierende Variante mit einer Simulation (TBS) – wie im nächsten Abschnitt beschrieben – durchzuführen.

Abb. 5.2.2.3-11: Zusammenstellung der Varianten in „Innovative Konzepte“ gereiht nach dem summierten Gewicht der Verbindungen der Elemente aus 83 Untergruppen

### Thermische Gebäudesimulation (TBS):

Als Software-Tool kommt EnergyPlus zur Verwendung. Dieses hat ihren Ursprung in den Programmen BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) und DOE-2, die in den späten 1970 und frühen 1980 Jahren in den USA vom „Department Of Energy“ entwickelt und veröffentlicht wurden, um Architekten und Ingenieuren Instrumente zum Design von HVAC-Anlagen, Wirtschaftlichkeitsrechnungen bei Life Cycle – Betrachtungen und Energieoptimierungen zu ermöglichen. Beide Programme hatten Vor- und Nachteile. Wie die genannten Programme führt EnergyPlus Energieanalysen und thermische Lastsimulationen durch. Auf Grundlage eines vom Nutzer physikalisch beschriebenen Gebäudemodells, TGA – Systemen und Nutzungsprofilen, etc. berechnet EnergyPlus erforderliche Heiz- und Kühllasten, um Komfortkriterien oder Setpoint-Vorgaben einzuhalten, Leistungen von Sekundär(Abgabe)-systemen und den Energieverbrauch von primären Anlagenkomponenten wie Kessel, Wärmepumpen, Kältemaschinen, etc. Weiters werden begleitende Parameter notwendigerweise untersucht und berechnet, die sicherstellen, dass das virtuelle Simulationsmodell sich (annähernd) so verhält wie das beschriebene in der realen Welt<sup>2</sup>.

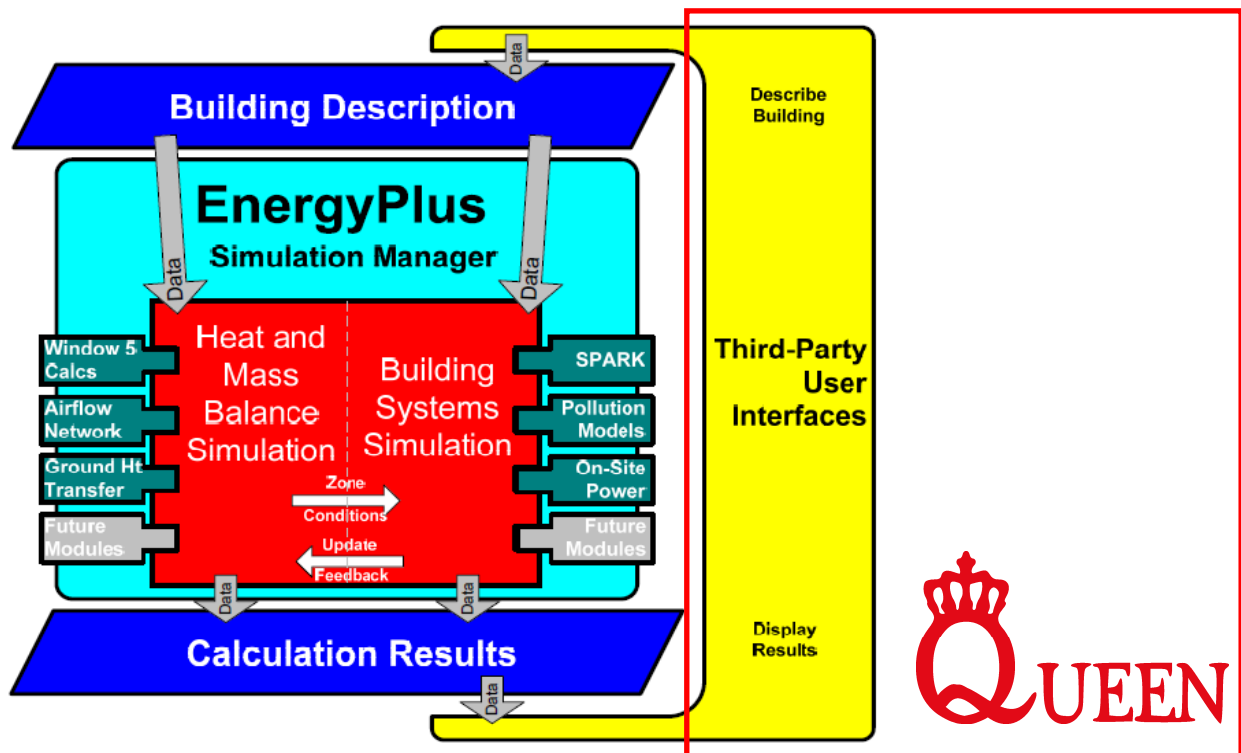


Abb. 5.2.2.3-12: EnergyPlus – Modularität (Quelle: EnergyPlus) mit dem Eingabe-Interface QUEEN

<sup>2</sup> Dokumente zur Validität sind unter: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/testing.cfm> verfügbar

### **Vorgaben/ Annahmen/Vereinfachungen/Beschränkungen**

Virtuelle Modelle als Abbildungen der Wirklichkeit nähern sich lediglich realen Verhältnissen an. Gute Modellbildungen liefern Rechenergebnisse, die dem Gehalt nach – gemessen an den Ist-Gegebenheiten – plausible Deutungen und Schlüsse zulassen.

Für das Anwendungsgebiet der TBS (Thermal Building Simulation) wie dies für REG mit EnergyPlus, wie aber auch für andere Simulationsprogramme gilt: der Zuwachs an Ergebnisgenauigkeit ist gemessen an dem zusätzlich erforderlichen Bearbeitungsaufwand für die Verfeinerung des Geometriemodells und sonstiger Detaillierungen wie den dadurch resultierenden exponential ansteigenden Rechenzeiten unproportional gering.

Um demgemäß dem praxisnahen Ansatz, einer „ökonomischen Wirtschaftlichkeit“ gegenüber „höchstmöglicher Genauigkeit um jeden Preis“ Vorzug zugeben, wurden gewisse Anpassungen und Vereinfachungen zugelassen, die jedoch die angestrebte, gewünschte Interpretierbarkeit von Ergebnissen in Bezug auf reale Verhältnisse aufrecht erhalten.

Anpassungen gibt es im Wesentlichen für Zonen:

- Räume/Bereiche mit ähnlicher Nutzung werden zu thermischen Zonen zusammengefasst
- Für alle Zonen werden gemäß herrschender Hauptnutzung (= Büronutzung für die 3 Objekte) Standard-Last- und Zeitprofile auf Grundlage von Normen (ASHRAE, NCM, DIN, VDI) in möglicher Abweichung von tatsächlich vorherrschenden raumweisen Verhältnissen zur Verwendung gebracht
- Alle Zonen erhalten die gleiche TGA - Ausstattung und werden ausschließlich vom selben Energiewandler (Heizung/Kühlung) versorgt
- Für alle Zonen gelten die gleichen Temperatur - Setpoints (Winter: 20°C – Sommer: 26°C) und Zeitprofile
- Feuchte und sonstige Stoffströme finden keine Beachtung
- Profilierte Fassadengestaltungen (Erker, Vorsprünge, Podeste), außer Elemente, die als externes Sonnenschutzelement funktionieren, werden begradigt.
- Umliegende Gebäude, die das betrachtete Gebäude temporär verschatten, werden lediglich in einer groben Kontur, jedoch lage- und höhenrichtig abgebildet und positioniert

#### 5.2.2.4 Die Arbeitsumgebung QUEEN

(SketchUP/OpensStudio - QUEEN-Plugin – EnergyPlus -Charts/Benchmarking/Reports):

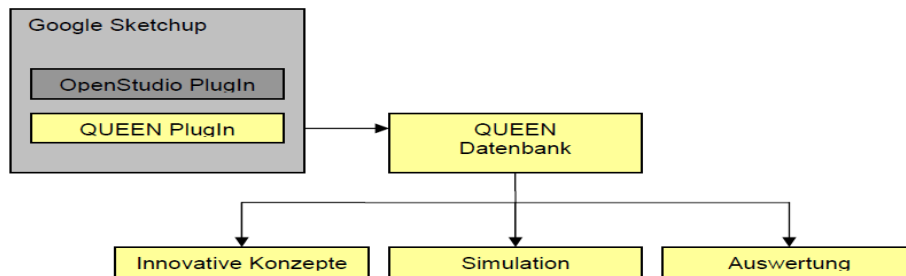


Abb. 5.2.2.4-13: QUEEN – Programmstruktur

#### Das grafische Modell - SketchUp/OpenStudio

Die für die Simulation eines Gebäudes erforderliche Geometrie und Zuordnung in thermische Zonen erfolgt mit dem Software-Tool „Google SketchUp<sup>3</sup>“.

Es wird verwendet um:

- die Geometrie des zu simulierenden Gebäudes (Objekt) darzustellen
- die Geometrie einer das Objekt umgebenden Bebauung zur Berücksichtigung der externen Verschattung einzugeben
- thermische Zonen innerhalb des Objektes zu definieren und zu benennen
- die einzelnen Bauteile zu benennen und diesen Konstruktionsbezeichnungen zuzuweisen
- Umgebungsbedingungen zu definieren

Das OpenStudio Plugin<sup>4</sup> ist erforderlich, um einerseits Eingabedateien zu erzeugen, welche in die QUEEN – Projektorganisation importiert werden können, um ein Projekt zu erstellen bzw. um andererseits die Geometriedaten zur Weiterverarbeitung mit EnergyPlus formatgerecht aufzubereiten.

<sup>3</sup> Detaillierte Informationen sind unter <http://sketchup.google.com/int/de/> abrufbar.

<sup>4</sup> Detaillierte Informationen sind unter <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/openstudio.cfm> abrufbar.

Das Plugin ist ein EnergyPlus-Tool, das als grafisches Interface angeboten wird.

Abb. 5.2.2.4-14: Funktionen – Google „SketchUp“

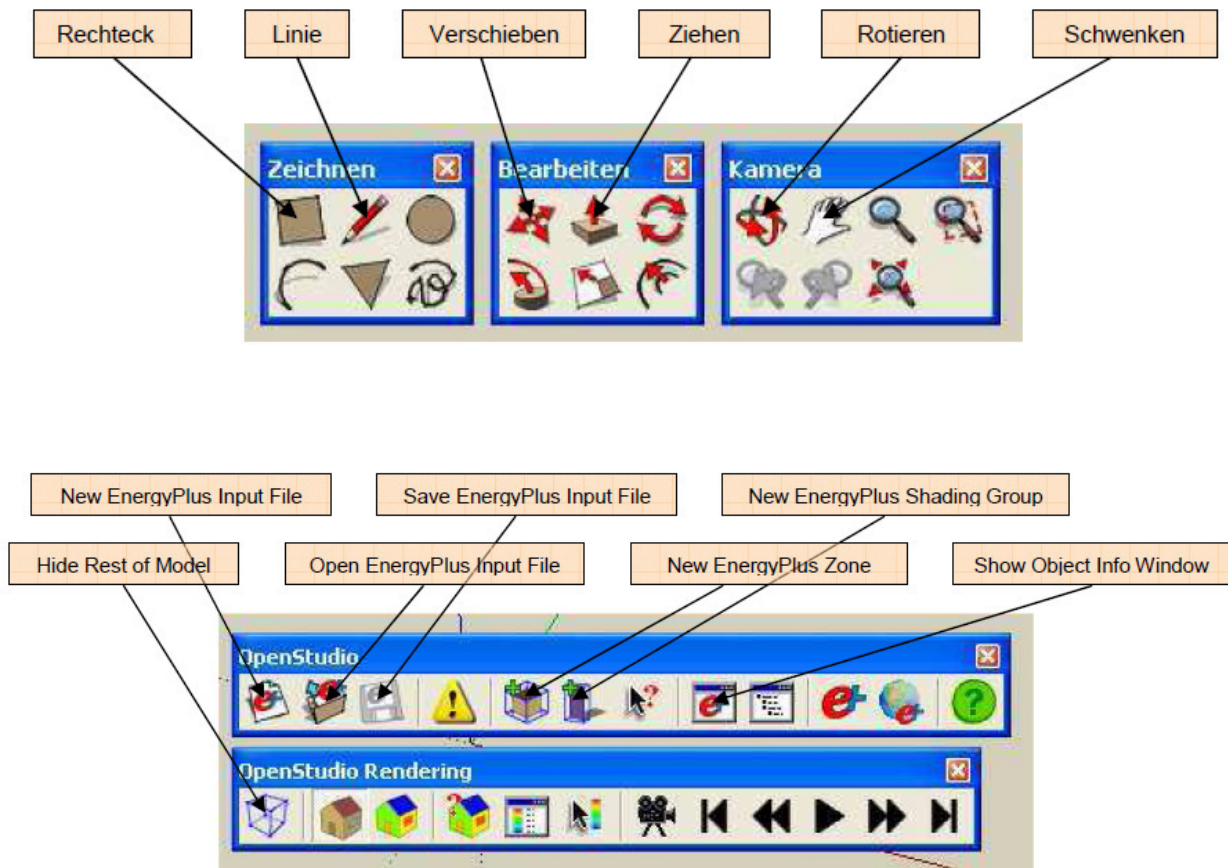


Abb. 5.2.2.4-15: Funktionen „OpenStudio“

Möglichkeiten der Zuordnung von „Thermischen Zonen“:

1. Gesamtes Stockwerk
  - Schlechte Auflösung der Lasten, ungenaue Ergebnisse
2. Stockwerke nach dominanter Nutzung geteilt
  - Büro, Verkauf, Technik, Verkehrsflächen, ...
  - Einfache Zuordnung der Zeitprofile, internen Lasten und Ventilation



3. **1 Kernzone + 4 Peripheriezonen**
  - Interne Lasten müssen gemittelt werden
  - Zuweisung Ventilation kann problematisch sein
  - Definition Kern / Peripherie problematisch
4. **Betrachtung ausgewählter Zonen**
  - Nur spezielle Zonen werden betrachtet

Beispiel: Objekt „Z-zwo“ - Stuttgart



Abb. 5.2.2.4-16: „Z-zwo“ – Grundriss 1.OG, aufgeteilt in 9 thermische Zonen – im wesentlichen nach Pkt.3

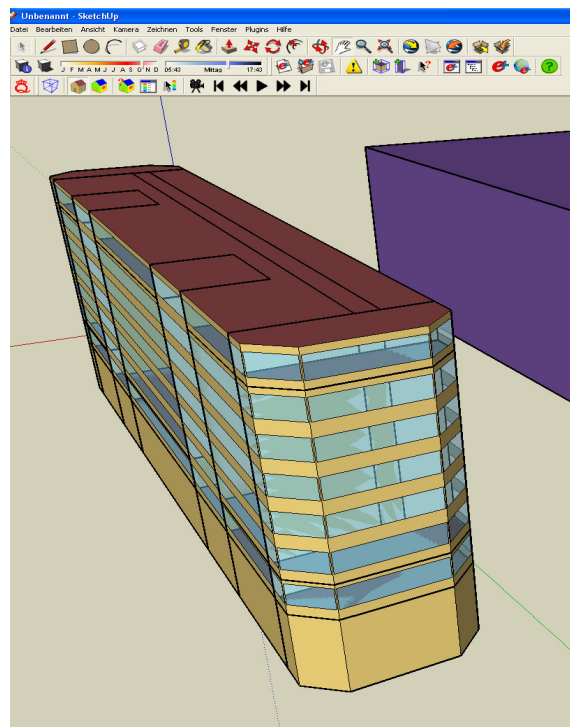


Abb. 5.2.2.4-17: „Z-zwo“ – in realiter und als „SketchUp“ - Modell mit externen Schattenspendern



### **Die Projektorganisation – QUEEN-Plugin / Datenbank**

Mit QUEEN wird der kreativ-innovative Ansatz verfolgt, die Vorteile frei verfügbarer und vielfach bewährter Software-Tools durch Kombination mit einander zu vereinen und damit durch maximale Synergien Ergebnisse hervorzubringen, die mit den Modulen einzeln nicht oder nur mit erheblichem Aufwand zu erzielen wären.

QUEEN hat in dieser Aufgabenstellung als Bindeglied umfangreiche Schnittstellenkoordination- und -organisation zu leisten.

QUEEN ist somit per Definition Schnitt- und Steuerstelle der beteiligten Software-Module und dient darüber hinaus als zentrales Element für die Speicherung und Verwaltung sämtlicher Projekt- und Prozessdaten.

Die Verwaltung der Daten erfolgt mittels Baumstruktur. Diese Struktur ist für Bibliotheken und Gebäudebeschreibung (Architektur, Bauphysik, TGA) nicht veränderbar, um die formalen Kriterien und Datenkonsistenz für die Berechnung mit EnergyPlus zu wahren.

Die Verwaltung der Projekte und der entsprechenden Varianten (Basisprojekt, Innovativen Konzepte) erfolgt in einer, dem klassischen Explorer angelehnten Struktur.

Ein wesentliches Element der Datenbank bildet die

#### Bibliothek,

die folgende Struktur aufweist:

- **Standort**

In diesem Verzeichnis sind sämtliche zur Simulation notwendigen Wetterdaten abgelegt in den Ebenen „Kontinent“ - „Land“, - „Standort“ abgelegt. Die eingepflegten Daten enthalten Informationen zu den Auslegungstagen, den Erdreichtemperaturen (ungestört), sowie stündliche Werte für zumindest Temperatur, Feuchte und Strahlung der Umgebung. Die stündlichen Werte sind die Grundlage für die dynamische Simulation und stellen die Randbedingungen an der Gebäudehülle und den betroffenen TGA Systemen dar. In der QUEEN Datenbank sind Wetterdaten für Europa hinterlegt.

- **Bauteile**

Jeder Bauteil wird in EnergyPlus/QUEEN als Konstruktion definiert, welche aus einzelnen Schichten unterschiedlicher Materialien aufgebaut ist. Das Verzeichnis „Bauteile“ enthält die

Konstruktionen, während in „Materialien“ die für die Definition der Bauteile nötigen Materialien abgelegt sind.

- **Materialien**

Das Verzeichnis „Materialien“ enthält Daten zu den physikalischen Eigenschaften der für die Konstruktionen verwendeten Materialien.

- **Fensterzubehör**

Es sind Datensätze zu „Fensterrahmen“ und „Verschattung“ hinterlegt. Die Verschattung gliedert sich weiter in die Bereiche „Fensterblende“, „Jalousie“, „Regelung“ und „Rollo“ auf.

- **Betriebsprofile**

Eine wesentliche Grundlage für dynamische thermische Simulationen sind definierte Zeitprofile für das Verhalten des Benutzers, sowie der installierten Systeme. Unter „Detaillierte Profile“ – „NCM“ finden sich detaillierte Benutzerprofile geordnet nach Gebäudetypen (Büro, Hotel,...).

- **Nutzung**

Die Definition interner Lasten geschieht in EnergyPlus/QUEEN mit Hilfe der hier hinterlegten Nutzungs-Objekte. Jedes Objekt verweist auf ein Betriebsprofil (s.o.) und enthält Informationen aus einer der folgenden Kategorien: Beleuchtung, Geräte, Personen oder sonstige Geräte. Die Nutzungs-Objekte sind nach Gebäudetyp sortiert.

- **TGA**

In den beiden Unterordner „Nutzenübergabe“ und „Versorgung“ sind sämtliche Daten für die Simulation bestimmter TGA-Konzepte enthalten.

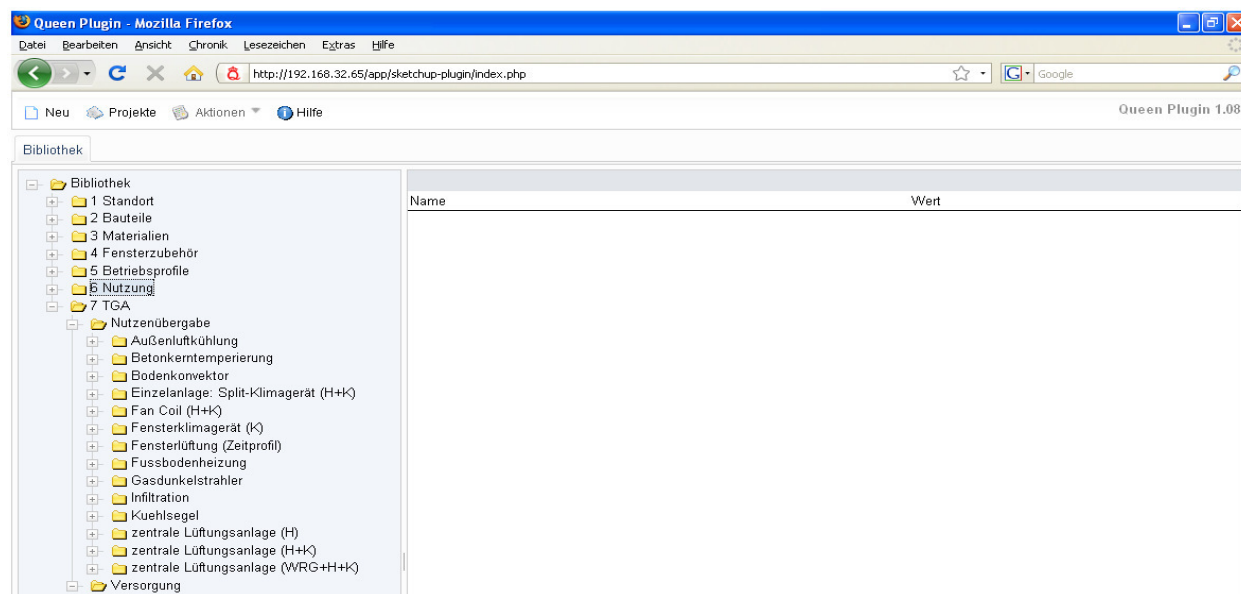


Abb. 5.2.2.4-18: Verzeichnisstruktur „Bibliothek“ – 1. Ebene und 2. Ebene für TGA

### Projekte:

Ebenso wie in der Bibliothek werden auch in einem vom Benutzer angelegten Projekt die Daten in einem Verzeichnisbaum abgelegt. Jedes Projekt enthält genau eine Basisprojekt und eventuell mehrere Varianten desselben. Der Aufbau des Basisprojektes ist ident mit dem der Varianten und gliedert sich wie folgt:

- **Projektbibliothek**

In der Projektbibliothek sind sämtliche Objekte die für die Definition der Bauteile, Materialien, Betriebsprofile und Fenster nötig sind, enthalten.

Darüber hinaus gibt es den Unterordner „Neue Objekte: Import aus Stammdaten“, in welchem Daten nach dem Import aus der Bibliothek in das Projekt (Siehe Abschnitt 8) abgelegt werden, sowie den Unterordner „Neue Objekte: Variantenerstellung“, welcher Objekte die für die Erstellung von innovativen Konzepten benötigt werden, enthält.

- **Projektdaten**

Hier sind die allgemeinen Projektdaten wie Projektname, Bearbeiter oder Datum abgelegt.

- **Einstellungen**

Unter dem Punkt Einstellungen finden sich mehrer Unterpunkte:

- **Ausgabeparameter**

Die Ausgabeparameter für die Wetterdaten, wie auch für die Zonen sind hier definiert.

- **Innovative Konzepte**

In der Prioritätenliste werden die Vorgaben für die Erstellung innovativer Konzepte definiert

- **Standort**

Dieses Unterverzeichnis enthält die Wetterdaten für den gewählten Standort.

- **Allgemein, Profilarten, Raumtemperatur und Umgebung**

In diesen Verzeichnissen sind interne Objekte, welche für die Simulation nötig sind, gespeichert.

- **Gebäude**

Hier werden für die Simulation notwendige Daten zum Gebäude, wie z.B. die Ausrichtung oder das Terrain, gespeichert

- **Zonen**

Im Folder Zonen befindet sich für jede definierte Zone ein Unterverzeichnis. In diesen Unterverzeichnissen gliedern sich die Daten weiter auf in die Ebenen Allgemein, Geometrie, innere Wärmelasten, natürliche Lüftung und Zone Control. Von besonderem Interesse ist hier das Verzeichnis „Geometrie“, in welchem sowohl die Geometriedaten, als auch Informationen über den Aufbau jeder Wand der Zone enthalten sind. Abbildung 20 zeigt beispielsweise die Daten der Wand „AW\_Nord\_Typ2“ im rechten Bereich des Browserfensters an. Ebenso werden hier die interne thermische Speichermasse, wie auch etwaige Vorsprünge definiert.

- **TGA**

Das Verzeichnis TGA ist der Speicherort für sämtliche Objekte, welche für die Modellierung eines TGA-Systems notwendig sind, ist. Neben einer allgemeinen Beschreibung des modellierten Systems, finden sich hier die Definitionen der TGA-Kreisläufe, wie auch alle Komponenten.

- **Verschattung durch Gebäude**

Werden in der Geometriemodellierung externe Verschattungsflächen definiert so werden diese hier gespeichert.

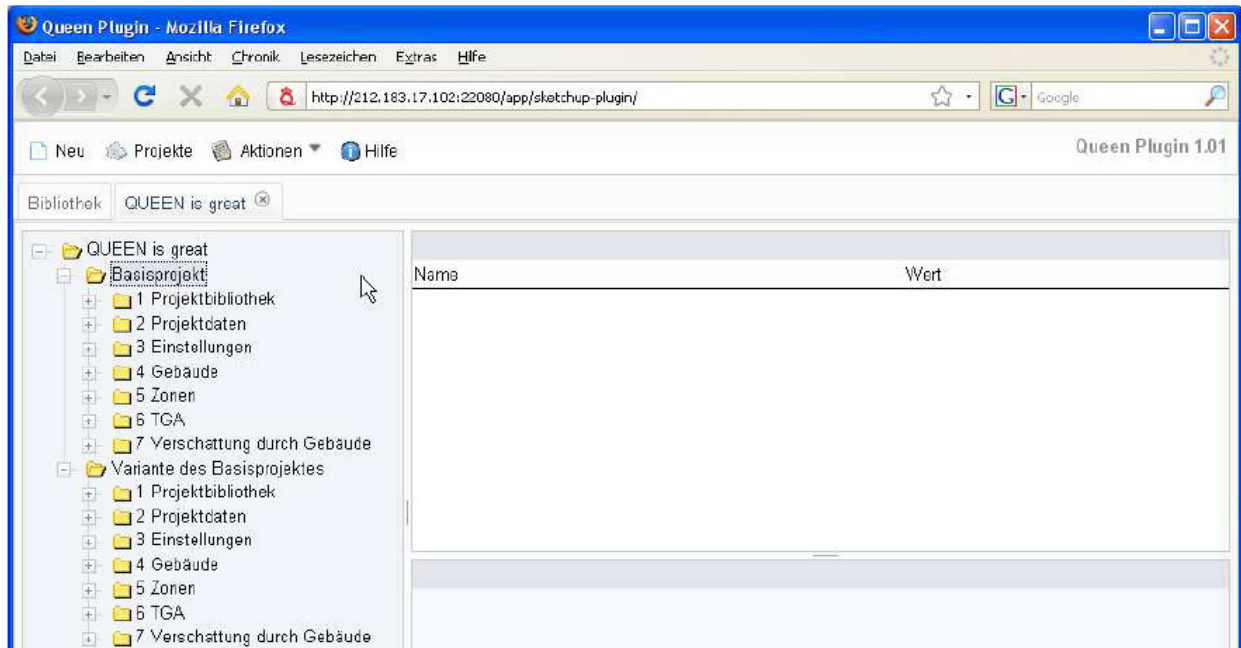


Abb. 5.2.2.4-19: Verzeichnisstruktur Projekt

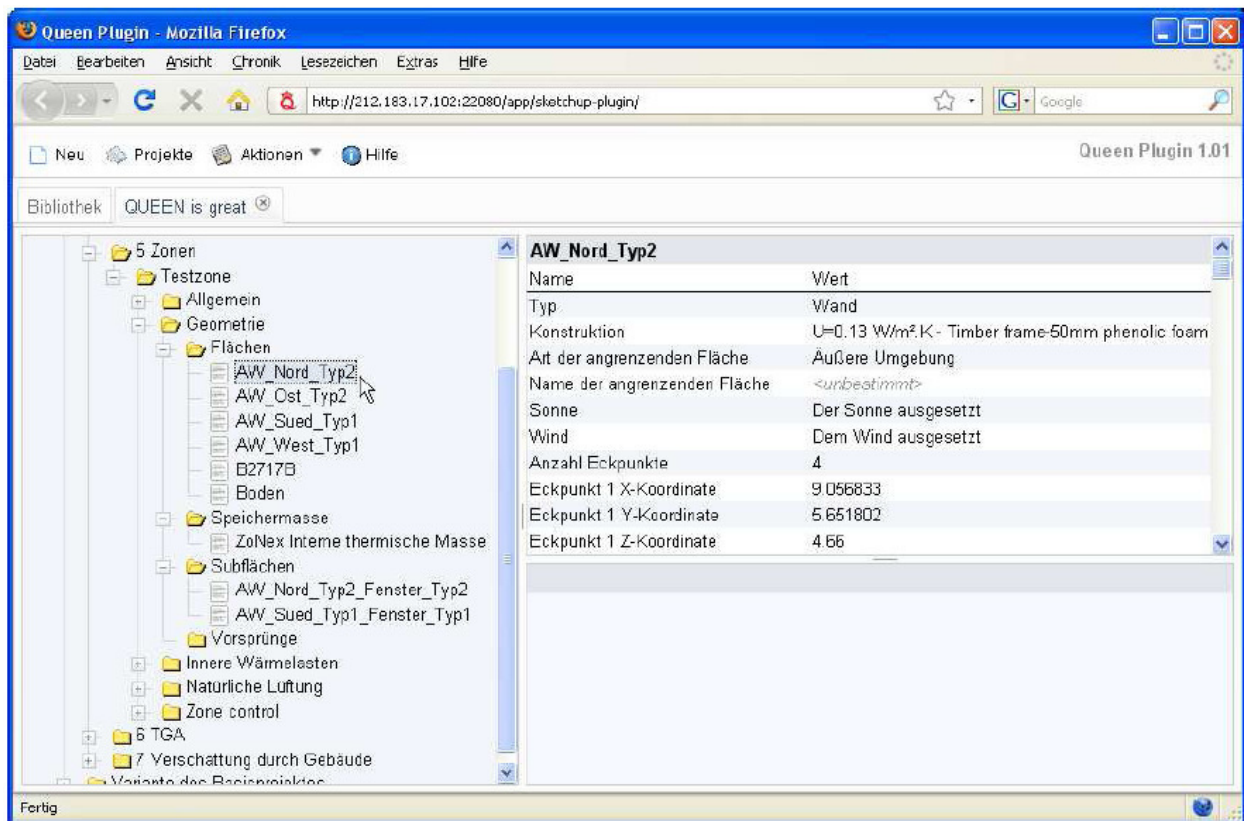


Abb. 5.2.2.4-20: Verzeichnisstruktur Projekt / Zonen

### Die Simulation – EnergyPlus

Wurde erfolgreich ein grafisches Modell erstellt, dieses über den QUEEN - Importwizard in das QUEEN – Plugin importiert, ein Basisprojekt mit Zuweisung zu eines der 5 Standard - Gebäudetypen (Büro, Hotel, Wohnung, Lager, Einkaufszentrum) erstellt und TGA – Standardkonzepte zugewiesen, wurden allenfalls notwendige Anpassungen in Bezug auf Nutzerwünsche getroffen und Varianten gesucht und als solche zur weiteren Bearbeitung ausgewählt und gespeichert, kann darauf das Basisprojekt mit Varianten - so vorhanden - mit EnergyPlus simuliert werden.

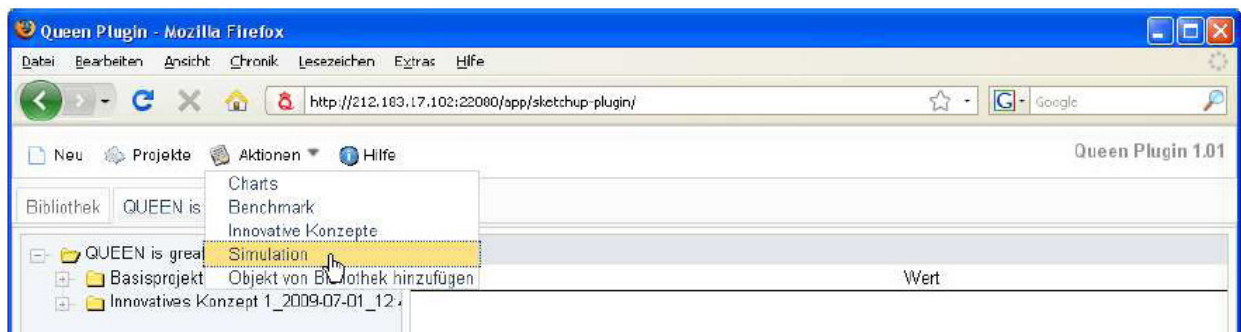


Abb. 5.2.2.4-21: Start des Programm-Moduls „Simulation“

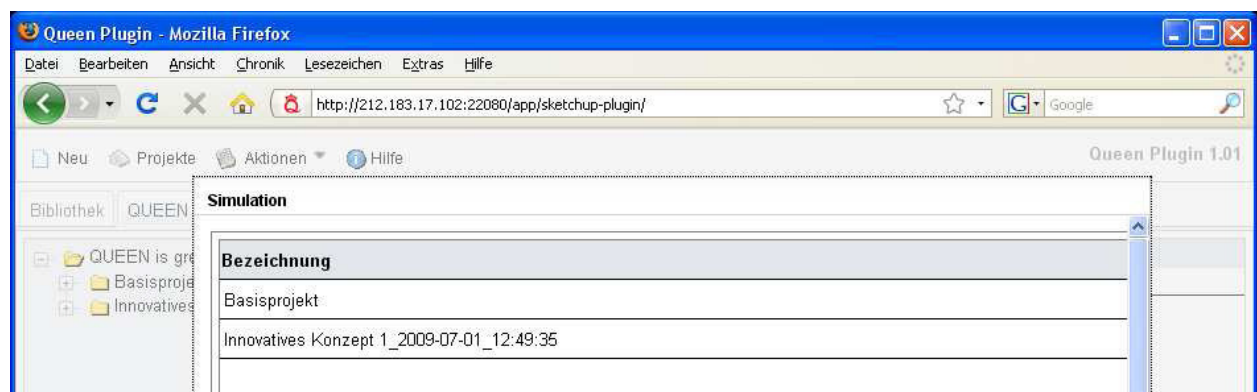


Abb. 5.2.2.4-22: Auswahl der Konzepte, die von EnergyPlus simuliert werden sollen

### **Auswertung der Simulationsergebnisse – Files/Charts/Benchmarks/Report**

Das Softwaretool QUEEN ermöglicht dem Nutzer die Beschreibung und Simulation unterschiedlicher Gebäude- und TGA Konzepte. Zur Bewertung und Vergleich der untersuchten Varianten des Projektes ist die Darstellung und Aufbereitung der Simulationsergebnisse eine Notwendigkeit.

QUEEN stellt für die Ausgabe und Bewertung der Simulationsergebnisse drei verschiedene Funktionen zur Verfügung. Das **Reporting** erstellt einen Bericht in HTML Form, welcher eine Zusammenfassung der Simulationsergebnisse eines einzelnen innovativen Konzeptes beinhaltet. Zudem ermöglicht das **Charting** die Visualisierung der Ergebnisse einer oder mehrerer innovativer Konzepte anhand von Liniendiagrammen. Beim **Benchmarking** werden die Ergebnisse verschiedener Konzepte (Summation oder Durchschnitt) im Balkendiagramm dargestellt und können so übersichtlich verglichen werden.

Die Ergebnisse, sowie die Darstellung derselben, sind ab dem ersten erfolgreichen Simulationsdurchlauf im Projekt verfügbar.

#### Files (Dateien):

Die von der Simulationssoftware produzierten Ergebnisse werden nach erfolgreicher Simulation wieder in die Datenbank importiert. Die Ergebnisauswertung kann mit den inkludierten Tools erfolgen, die nachstehend überblicksweise beschrieben sind. Weiters können die nachfolgend beschriebenen Dateien vom Nutzer heruntergeladen werden, um diese einer beliebigen Auswertung zu unterziehen. Durch Anwählen des Ordners des Basisprojektes bzw. des jeweiligen innovativen Konzeptes erscheint ein Popup-Menü aus dem man unter ‚Exportieren‘ folgende Dateien herunterladen kann:

- **Excel Ergebnisdatei (CSV):**

Diese Datei enthält alle vom Projekt geforderten und von EnergyPlus produzierten Ergebnisse in stündlicher Auflösung. Die Daten sind mit einem Komma getrennt, sodass diese sehr einfach in ein Tabellenkalkulationsprogramm wie MS Excel importiert und weiterverarbeitet werden können.

- **TGA Diagramm (SVG):**

Diese Datei enthält eine Grafik des simulierten HVAC Konzeptes.



- **Simulation Eingabedatei (IDF):**

Diese Datei enthält alle für die Simulation erforderlichen Eingabedaten, dass heißt alle von der Datenbank exportierten Daten des Projektes. Falls der Nutzer eine Simulation auf einem Rechner ohne Zugang zum Server starten möchte, kann diese Datei neben einer Wetterdatei als Input für EnergyPlus verwendet werden.

- **Original Eingabedatei (IDF):**

Dieses IDF-File ist die originale IDF Datei die beim Import ausgewählt wurde. Für eine etwaige spätere Änderung der Geometrie kann der Nutzer die Datei hier heruntergeladen.

- **EnergyPlus Rohdaten (ESO):**

In der ESO Datei befinden sich ebenfalls alle Ergebnisse der Simulation, jedoch in einem Format das nicht so einfach durch Tabellenkalkulationsprogramme weiterverarbeitet werden kann. (Viewer über EnergyPlus beziehbar)

### Charts:

Die besondere Stärke des QUEEN - Charting liegt vor Allem in der Möglichkeit, verschiedene Ausgabeparameter<sup>5</sup> des Basiskonzeptes und/oder mehrerer simulierter Varianten (Innovativen Konzepte) über Liniendiagramme direkt gegeneinander vergleichen zu können.

Parameterabhängige Unterschiede zwischen den Konzepten werden damit direkt sichtbar und qualitativ bewertbar gemacht.

Anwahl der gewünschten Ergebnisvariablen - hierarchisch:

- Basisprojekt, Kopien oder Innovative Konzepte
  - Allgemeine/globale oder zonenspezifisch Zuordnung
    - Ergebnisvariable

---

<sup>5</sup> Siehe dazu Zusammenstellung der in QUEEN verfügbaren Ausgabevariablen – Anlage 4.5



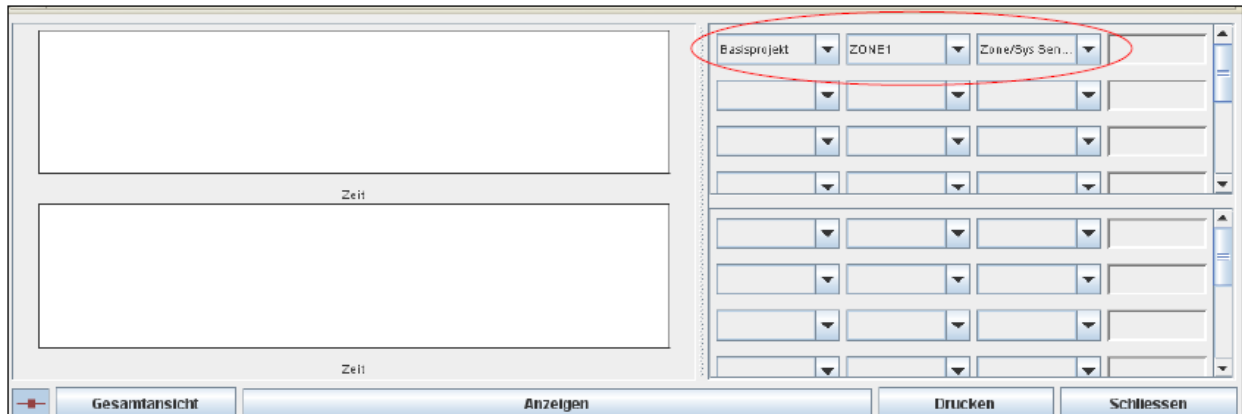


Abb. 5.2.2.4-23: Charts-Bereiche mit Pulldown Menüs für Selektion der Ergebnisvariablen

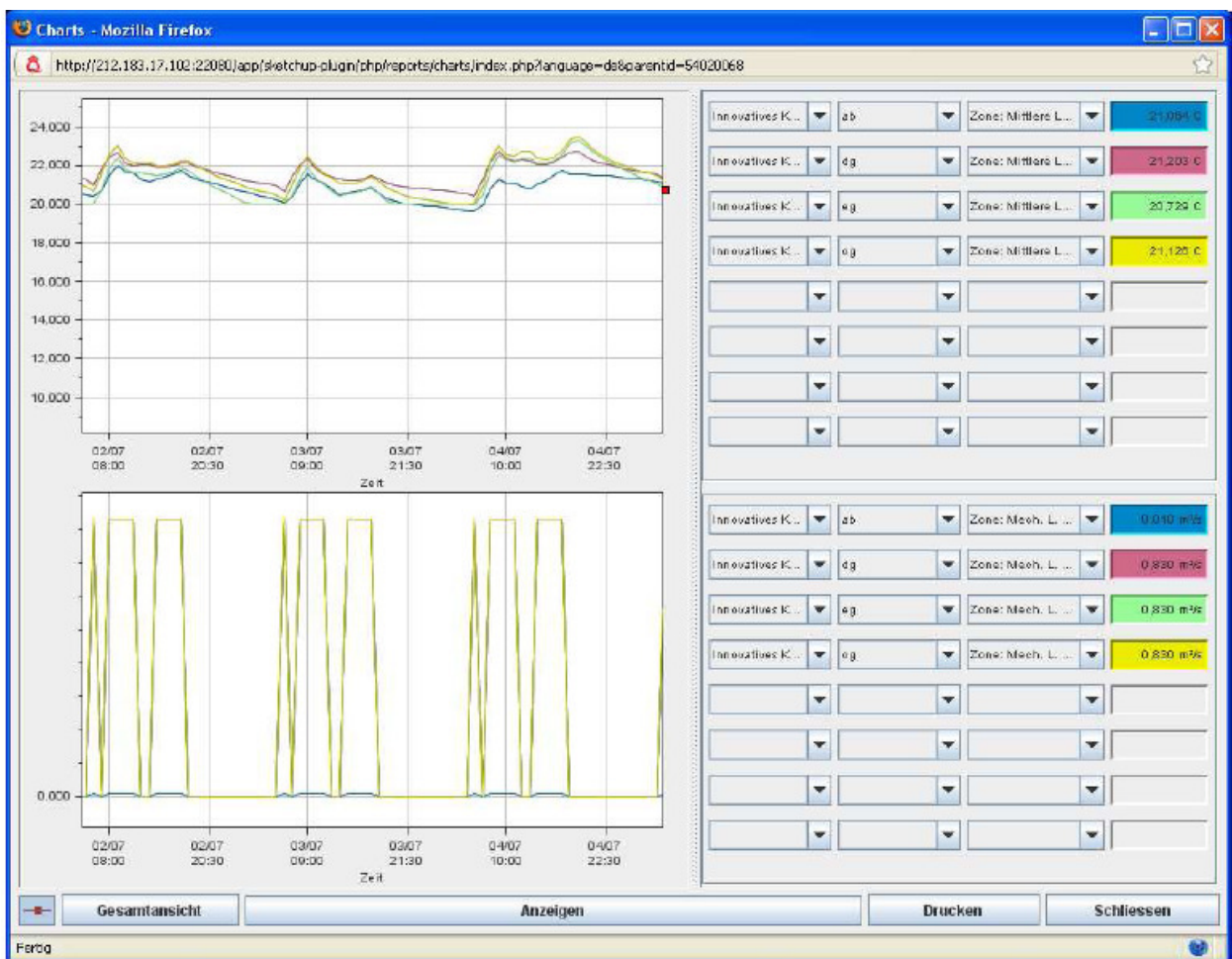


Abb. 5.2.2.4-24: Beispiel Charting

Benchmarking:

Das Benchmark – Tool ermöglicht eine übersichtliche Darstellung von summierten (8760 Werte/Jahr) und durchschnittlichen Werten verschiedener Parameter in Balkendiagrammen.

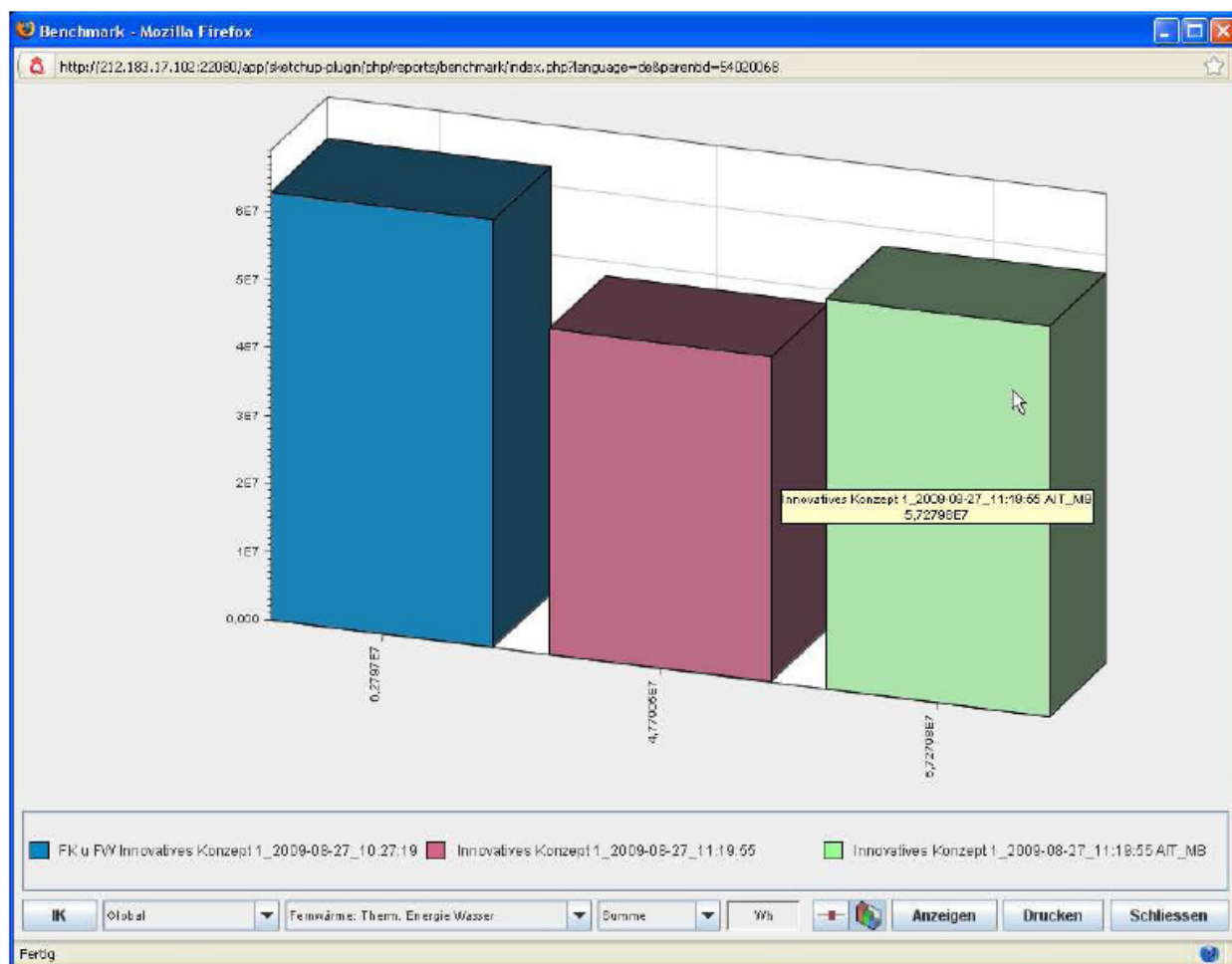


Abb. 5.2.2.4-25: 3-D Ansicht im Benchmarking - Tool

Report:

Das Reporting liefert eine detaillierte Zusammenfassung der Simulationsergebnisse eines Basiskonzeptes oder eines Innovativen Konzeptes als HTML-Datei.

Dieser Simulationsbericht wird standardmäßig von EnergyPlus erzeugt.

### 5.2.2.5 Simulationsberechnungen für 3 Probanden:

„Züblin - Haus“



„Z – zwo“



„DVA Neckarstrasse“



Abb. 5.2.2.5-26: die zu untersuchenden Gebäude (Gebäudedetails siehe Referenz im jeweiligen Kapitel)

Für nachstehend dargestellte TGA – Konfigurationen (siehe Abb. 27) wurden Simulationen durchgeführt. Die Zusammenstellung orientiert sich vornehmlich an den Möglichkeiten zur Nutzung von Umwelt-Energien – wie Wärmepumpe (Luftwasser, Erdwärme/Wasser) und Möglichkeiten zur Kühlung der Bürobereiche, die in Abhängigkeit der zu tragenden internen und externen thermischen Lasten ein deutliches Überschwingen der Raumtemperaturen aufzeigen.

Für das Objekt „Züblin-Haus“ wurde noch mit dem 4. innov. Konzept der Einfluss einer fiktiven Verbesserung des U-Wertes der Fenster von  $U=2,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $U=1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  um -48% gerechnet.

| Thema:                   | Züblin-Haus | Z-zwo | DVA Neckarstrasse | Anmerkungen:  |
|--------------------------|-------------|-------|-------------------|---|
| Anzahl thermischer Zonen | 72          | 24    | 35                | inkl. Untergeschosse  |
| Simulationen - Varianten |             |       |                   |   |
| Basisprojekt             | x           | x     | x                 | vergleichbar mit Heiz- u. Kühllastberechnung Standard-Zuweisungen Bautechnik und TGA-Parameter  |
| 1. innov. Konzept        |             |       |                   | = TGA und Bautechnik lt. BESTAND Basis: Bauteilkatalog, TGA-Systeme ohne Klein- und Nebenanlagen der TGA (entspricht im Kontext REG dem "Kundenprojekt" Abb. 1) |
| Heizung                  | a, e        | a, e  | a, e              |   |
| Kühlung                  | -           | -     | -                 |   |
| Lüftung                  | g           | g     | g                 |   |
| 2. innov. Konzept        |             |       |                   | TGA alternativ  |
| Heizung                  | a, f        | a, f  | a, f              |   |
| Kühlung                  | c, f        | c, f  | c, f              |   |
| Lüftung                  | g           | g     | g                 |   |
| 3. innov. Konzept        |             |       |                   | TGA alternativ  |
| Heizung                  | b, e        | b, e  | b, e              |   |
| Kühlung                  | -           | -     | -                 |   |
| Lüftung                  | g           | g     | g                 |   |
| 4. innov. Konzept        |             |       |                   | wie 1. innov. Konzept - jedoch: verbesserter U-Wert: 2.7 > 1.4 W/(m²K)  |
| Heizung                  | a, e        |       |                   |   |
| Kühlung                  | -           |       |                   |   |
| Lüftung                  | g           |       |                   |   |

- Legende:
- a Gas/NT-Kessel
  - b Luft/Wasser - Wärmepumpe - Heizung
  - c Kompress. Kältemaschine, Kühlturm - Kühlung
  - d Kompress. Kältemaschine, Geothermie, Kühlturm - Heizung + Kühlung
  - e Bodenkonvektoren
  - f fan coils
  - g Fensterlüftung

Abb. 5.2.2.5-27: Zusammenstellung Simulationen – TGA Varianten (Innovative Konzepte)

### 5.2.2.6 Ergebnisse der Simulationsrechnungen für 3 Probanden:

In Abb. 29 sind die Ergebnisse der Simulationsrechnungen zusammengefasst dargestellt. Augenfällig sind die erheblichen Unterschiede betreffend End-Energieverbrauchsdaten aus der Null-Messung für Heizung und Beleuchtung<sup>6</sup>.

Daraus muss geschlossen werden, dass die typischerweise Simulationsberechnungen zugrunde gelegten Lastprofile (z.B. nach Normen ASHRAE, NCM, etc) einerseits mit zu hohen thermisch wirksamen installierten Leistungen für Personen, Beleuchtung und Maschinen operieren und andererseits, dass die anteilige Leistungsabstufung über vorgegebene Zeitprofile zwar eine Annäherung an ein tatsächliches Betriebsverhalten bringt, dieses jedoch energetisch relevant verzerrt und damit nicht ausreichend abgebildet wird.

|                              | Züblin - Haus  |             | Z - zwo       |             | DVA           |             | Anmerkung: |
|------------------------------|----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|------------|
|                              | kWh/a          | delta +/- % | kWh/a         | delta +/- % | kWh/a         | delta +/- % |            |
| Berechnung nach EnEV2007     | 4648535        | 119%        | 1082064       | 66%         | 925234        | 210%        | 1)         |
| <b>Null-Messung (= 100%)</b> | <b>2124287</b> | <b>100%</b> | <b>651733</b> | <b>100%</b> | <b>298937</b> | <b>100%</b> | 2)         |
| <b>Berechnung QUEEN</b>      | <b>1786662</b> | <b>-16%</b> | <b>384749</b> | <b>-41%</b> | <b>300222</b> | <b>0%</b>   | 3)         |

Abb. 5.2.2.5-28: Zusammenstellung HEIZUNG – Endenergieverbrauch

Zu den Anmerkungen:

- 1) Die Berechnungsergebnisse nach EnEV2007 weichen deutlich von der ISTSTAND-Datenerhebung „Null-Messung“ ab. Im betreffenden Kapitel wird eine entsprechende kritische Würdigung vorgenommen.
- 2) Die Ergebnisse der ISTSTAND-Datenerhebung sind im betreffenden Kapitel „Null-Messung“ detailliert dargestellt.
- 3) Für QUEEN liegen die Ergebnisse unter Berücksichtigung des Vorgesagten hinsichtlich Zuordnung von elektrischen Verbrauchern und aktuellen Lastprofilen im typischen Bereich der „Unschärfe“. Für alle Objekte, besonders für „Z – zwo“ würde eine detaillierte Erhebung der personellen und elektrischen Belastungsfaktoren – zeitlich und betragsmäßig diskret verteilt – mit angepasster Modellierung in QUEEN besser konvergierende Ergebnisse liefern.

<sup>6</sup> Siehe dazu Angaben im Kapitel „Nullmessung“

| Thema:                       | Züblin-Haus | Z-zwo     | DVA Neckarstrasse | Anmerkungen:      |
|------------------------------|-------------|-----------|-------------------|-------------------|
| Basiskonzept                 |             |           |                   |                   |
| Heizung                      | 1.001.196   | 206.100   | 194.648           | kWh / a thermisch |
| Kühlung                      | 1.486.816   | 707.841   | 271.318           | kWh / a thermisch |
| Beleuchtung                  | 702.324     | 329.628   | 198.190           | kWh / a elektr.   |
| Ausstattung                  | 1.492.863   | 700.658   | 421.273           | kWh / a elektr.   |
| Ventilatoren                 |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Pumpen                       |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| $\Sigma$ Endenergieverbrauch | 4.683.200   | 1.944.226 | 1.085.428         | kWh / a MIX       |
| 1. innov. Konzept            |             |           |                   |                   |
| Heizung                      | 1.786.662   | 384.749   | 300.222           | kWh / a thermisch |
| Kühlung                      |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Beleuchtung                  | 702.324     | 329.628   | 198.190           | kWh / a elektr.   |
| Ausstattung                  | 1.492.863   | 700.658   | 421.273           | kWh / a elektr.   |
| Ventilatoren                 |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Pumpen                       | 1.738       | 362       | 313               | kWh / a elektr.   |
| $\Sigma$ Endenergieverbrauch | 3.983.588   | 1.415.396 | 919.998           | kWh / a MIX       |
| 2. innov. Konzept            |             |           |                   |                   |
| Heizung                      | 1.929.595   | 673.312   | 325.741           | kWh / a thermisch |
| Kühlung                      | 202.490     | 92.244    | 23.506            | kWh / a elektr.   |
| Beleuchtung                  | 702.324     | 329.628   | 198.190           | kWh / a elektr.   |
| Ausstattung                  | 1.492.863   | 700.658   | 421.273           | kWh / a elektr.   |
| Ventilatoren                 | 147.229     | 54.137    | 22.019            | kWh / a elektr.   |
| Pumpen                       | 11.688      | 4.181     | 2.258             | kWh / a elektr.   |
| $\Sigma$ Endenergieverbrauch | 4.486.190   | 1.854.159 | 992.987           | kWh / a MIX       |
| 3. innov. Konzept            |             |           |                   |                   |
| Heizung                      | 915.855     | 106.847   | 77.699            | kWh / a elektr.   |
| Kühlung                      |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Beleuchtung                  | 702.324     | 329.628   | 198.190           | kWh / a elektr.   |
| Ausstattung                  | 1.492.863   | 700.658   | 421.273           | kWh / a elektr.   |
| Ventilatoren                 |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Pumpen                       | 66.283      | 11.240    | 9.070             | kWh / a elektr.   |
| $\Sigma$ Endenergieverbrauch | 3.177.325   | 1.148.372 | 706.232           | kWh / a MIX       |
| 4. innov. Konzept            |             |           |                   |                   |
| Heizung                      | 1.222.593   |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Kühlung                      |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Beleuchtung                  | 702.324     |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Ausstattung                  | 1.492.863   |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Ventilatoren                 |             |           |                   | kWh / a elektr.   |
| Pumpen                       | 1.175       |           |                   | kWh / a elektr.   |
| $\Sigma$ Endenergieverbrauch | 3.418.956   |           |                   | kWh / a MIX       |

Abb. 5.2.2.5-29: Zusammenstellung End-Energieverbrauch, gegliedert nach Hauptgruppen

### 5.2.3 Fazit

Wie die durchgeführten Simulationsrechnungen im Vergleich zu den Null - Messungen für die genannten Objekte zeigen, erfolgt gemäß Vorgesagtem die Deckung der stündlichen Heizlast durch interne Wärmegewinnung aus Abwärme Beleuchtung und elektrisch betriebenen Geräten zu einem hohen Anteil – virtuell in der Simulationswelt.

Da Tools zur dynamischen Gebäudesimulation zur Bestimmung von thermischen Lastgrößen und kumuliert von relevanten Energieverbräuchen vermehrt als Arbeitsmittel in die Planung und Konzeption von Bau- und Gebäudetechnik Eingang finden und bald typisch und Standard sein werden, kommt der „Richtigkeit“ der Energiebedarfsdaten als Grundlage zur TGA – Systemwahl wie Systemdimensionierung eine besondere Bedeutung zu.

Allfällige in der Planung bzw. Konzeption getroffene fehlerhafte Zuordnungen zu Energieträgern können weitergeführt in Wirtschaftlichkeitsrechnungen, belegt mit realen gegenwärtigen und erwarteten zukünftigen Kosten bzw. Erträgen zu völlig falschen Entscheidungen betreffend Systemwahl von Bau- und Gebäudetechnik führen.

Beabsichtigte Beiträge eines Investors und dessen Expertenteam zur Steigerung von Energieeffizienz und Nachhaltigkeit im Lebenszyklus des Bauprojektes werden damit unerkannt unterlaufen.

Aus konkreter und praktischer Sicht scheint in Bezug auf die untersuchten Objekte Züblin-Haus, Z-zwo und DVA Neckarstrasse jedenfalls Potential für die Sanierung gegeben. Für alle Objekte wäre die Substitution des Gaskessels mit einer Wärmepumpe mit Integration in das bestehende Verteil- und Abgabesystem – nach detaillierter Betrachtung – möglich und sinnvoll.

Für das Züblin – Haus wurde das Reduktionspotential zum Energieverbrauch durch Verbesserung der Verglasung beispielhaft aufgezeigt.

Eine ingenieurmäßige thematische Vertiefung der einzelnen Konzepte mit einer Überführung in eine Kalkulation von relevanten Herstellkosten der Sanierungsmaßnahmen unter Betrachtung der Maßnahmen unter Aspekten der zu erwartenden Lebenszykluskosten mit der Bewertung von verbundenen ökologischen Kosten ist möglich, zweckmäßig und anzuraten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass mit QUEEN die Aufgabenstellung, einerseits eine energetische virtuelle Nachbildung von 3 Bestandsobjekten (Probanden) und andererseits Innovative Konzepte als mögliche alternative Sanierungsmaßnahme zu erarbeiten, umfassend und mit typischer Genauigkeit erfüllt wurde.



Aus dem generierten Zahlenmaterial sind gemäß „State Of The Art“ konsequent Schlussfolgerungen zu ziehen und in probate Handlungen umzusetzen.

Gleichzeitig wurde mit QUEEN eine generelle Vorgehensweise aufgezeigt, wie für Bestandsobjekte zielführende Wege in Richtung einer nachhaltigen Sanierung gefunden werden können.

Für in Planung befindliche Objekte kann QUEEN wertvolle Entscheidungshilfen für Architekten und TGA-Experten zur ressourcen-schonenden Material- und Systemwahl bieten.

Verfasser:

Dipl. Ing. (FH) Jürgen Russ

STRABAG AG – Zentrale Technik

Direktion TGA Wien

Wien, 11.12.2009



## 5.2.4 Anlagen

### 5.2.4.1 Thermische Modelle – Google SketchUp

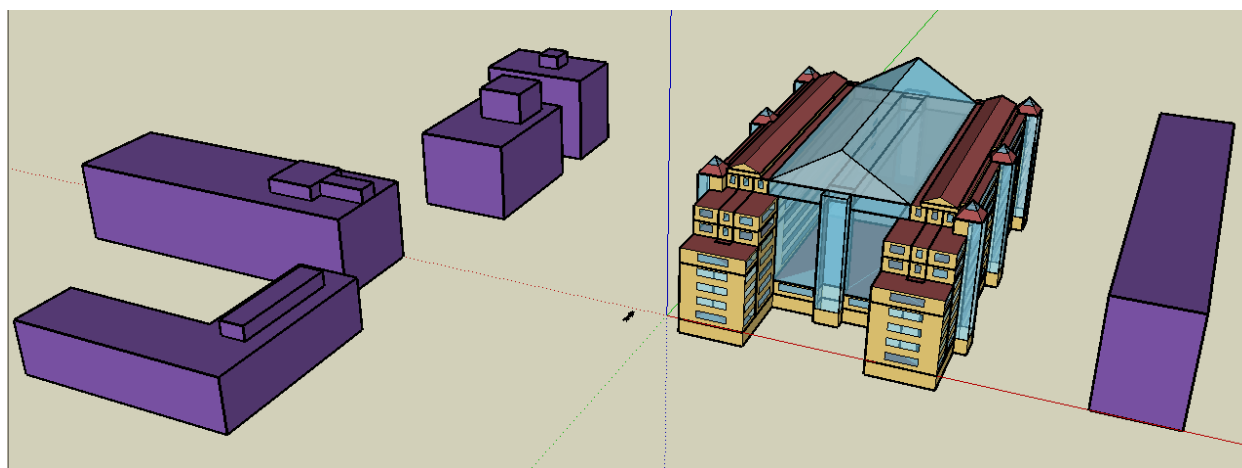


Abb. 5.2.4.1- 30: Züblin – Haus / 72 Zonen

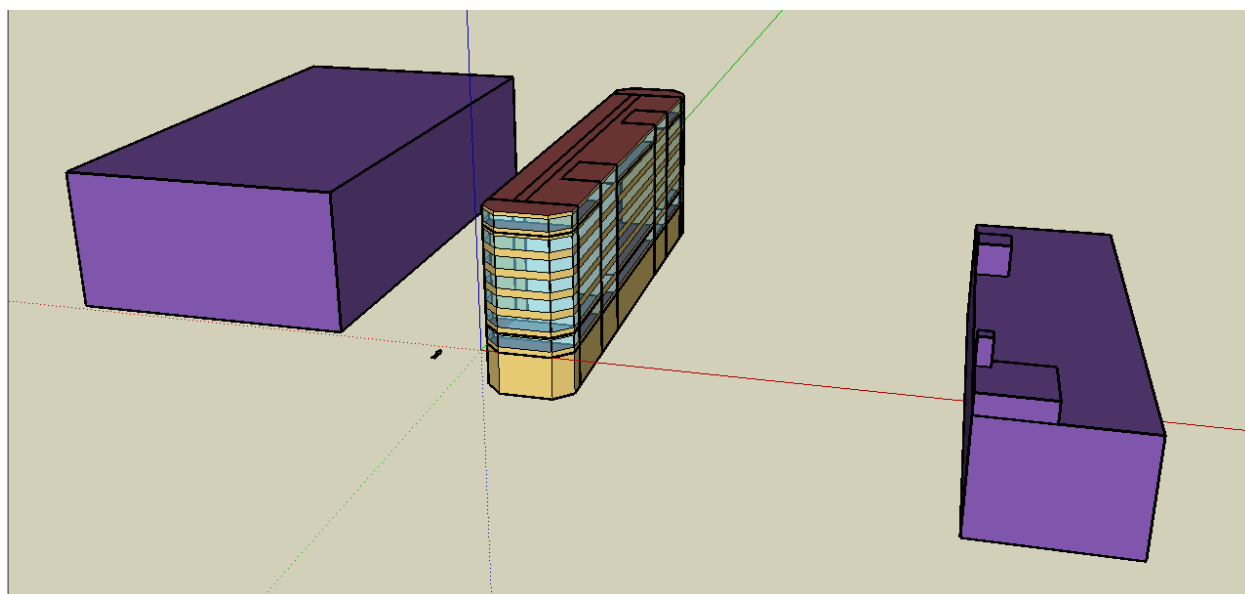


Abb. 5.2.4.1- 31: Z – zwo / 24 Zonen

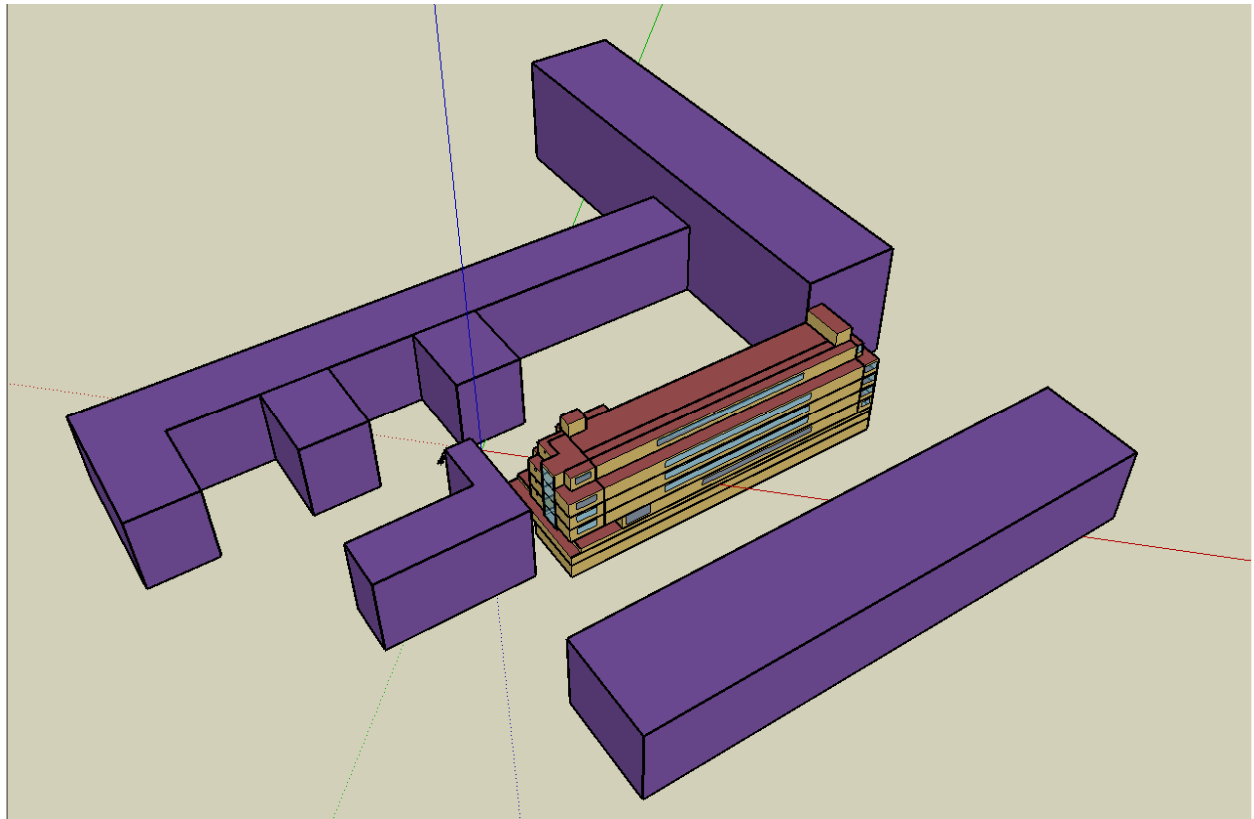


Abb. 5.2.4.1- 32: DVA – Neckarstraße / 35 Zonen

5.2.4.2 Systembeschreibung TGA – Bestand

**Züblin Hauptverwaltung, Stuttgart**

|                               |  |                                   |
|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| <b>Heizung</b>                | 2 Niedertemperaturkessel, je max. Leistung 750 kW, Gas als Energieträger, mit Nachtabsenkung   | DA Seite 10. Erfassungsl. Gebäude |
|                               | Verteilung über 17 Heizstränge   |                                   |
|                               | Wärmeabgabe über Heizkörper, angebracht an Aussenwänden unter Fenstern, geregelt mit Thermostatventilen  |                                   |
| <b>RLT</b>                    | 14 RLT-Anlagen lüften WCs, Teeküchen, Putzräume, Besprechungsräume, Küche, Kantine und Büros im 6. Stock, zentrale Regelung                          | DA Seite 10.                      |
|                               | Halle wird über 60 pneumatisch gesteuerte Abluftklappen, verteilt auf Dachfirst und Traufe, entlüftet  |                                   |
|                               | Zuluft über pneumatisch verstellbare Lamellenflügel, verteilt angebracht über Länge der ganzen Glasfassade, zugeführt                                |                                   |
|                               |  |                                   |
| <b>Kälte</b>                  | 24 Kältemaschinen für Kühlung von Druckerei, Kantine, Küche, Kühlhaus, Betonlabor, Weinkeller, Besprechungsräume, Büro im 6. Stock und Server-Räume, | DA Seite 10.                      |
| <b>Sanitär<br/>Warmwasser</b> | 2 Warmwasserspeicher pro Block mit je 750 Liter Inhalt, im Technikgeschoss der jeweiligen Blöcke, direkte Erwärmung des Speichers                    | DA Seite 11                       |
|                               | zentr. Verbreitung, mit Zirkulationsleitung  |                                   |
|                               | Optional steht für jede Verbrauchergruppe eine Wärmepumpe bereit, saugt warme Luft unter Glasdach ab, zurzeit nicht in Betrieb                       |                                   |

**Züblin Hauptverwaltung, Stuttgart**

|                            |  |  |
|----------------------------|--|--|
| <b>Elektrotechnik</b>      | Trafostation vorhanden, 10 kV netzseitige Spannungsversorgung, EVU-Anlage  | DA Seite 11                                    |
|                            | schwachstromtechnische Anlagen: Telefon-, Sprech-, Brandmelde-, RWA-, Videoüberwachungsanlage, Zutrittskontrollsystem, Übertragungs-/ Datennetz, übergeordnetes Managementsystem | Erfassungsliste<br>Gebäude - Bestandesaufnahme |
| <b>Beleuchtungskonzept</b> |  |  |

**Züblin Z-zwo, Stuttgart**

|   |   |                                     |
|---|---|-------------------------------------|
| <b>Heizung</b>                          | zwei Brennwertkessel mit je 240 kW für je eine Gebäudehälfte, Gas als Energieträger, mit Nachtabsenkung   | DA Seite 12                         |
|   | für jeden Kessel eigener Technikraum mit separater Verteilung, Leitungen gedämmt  |                                     |
|   | Wärmeabgabe über Heizkörper, angebracht unter Fenstern, geregelt mit Thermostatventilen   |                                     |
| <b>RLT</b>                              | Nachluftspülung, d.h. reine Abluftanlage. Nachts Fenster automatisch geöffnet, Anlage spült mit kühler Nachtluft durch. Tagsüber Fensterlüftung | DA Seite 12                         |
|   | dezentrale RLT nur für Abluft   | Erfassungsl. Gebäude                |
|   |   |                                     |
|   |   |                                     |
| <b>Kälte</b>                            | Rechenzentrum wird mit 5 Splitgeräten gekühlt   | DA Seite 12                         |
| <b>Sanitär</b><br><br><b>Warmwasser</b> | 26 Waschtische, 48 Spühlkasten, 24 Urinale, 6 Teeküchen, 6 Teeküchen SP, 2 Ausgussbecken  | DA Seite 12<br>Erfassungsl. Gebäude |
|   | dezentrale Warmwasserverbreitung mit Durchlauferhitzer, Untertischboiler in den WCs   |                                     |
|   | pro Gebäudehälfte ein Boiler mit 150 Liter für Teeküchen  |                                     |

**Züblin Z-zwo, Stuttgart**

|                       |  |   |
|-----------------------|--|---|
| <b>Elektrotechnik</b> | schwachstromtechnische Anlagen:<br>Telefon-, Sprech-, Brandmelde-,<br>RWA-, Videoüberwachungsanlage,<br>Zutrittskontrollsystem,<br>Offenhaltung Brandschutztüren,<br>Elektrische Fluchttürverriegelung,<br>Übertragungs-/ Datennetz,<br>übergeordnetes<br>Managementsystem | DA Seite 12<br>Erfassungs-<br>liste<br>Gebäude -<br>Bestandes-<br>aufnahme  |
|                       | <b>Beleuchtungs-<br/>                 konzept</b>  | Leuchten mit Präsenzmeldern,<br>Lampen mit Leuchtsensoren<br>versehen-> passen ihre<br>Leuchtungsstärke den<br>Tageslichtverhältnissen an |
|                       | elektronisch gesteuerte Jalousien<br>werden bei zu starker<br>Sonneneinstrahlung<br>heruntergefahren   |   |

**DVA Neckarstrasse, Stuttgart**

|                               |   |   |
|-------------------------------|---|---|
| <b>Heizung</b>                | Fernwärmeanschluss versorgt zwei eigene Heizkreise, Nord- und Südteil, indirekt über Wärmetauscher, Gas, Kohle und Müll als Energieträger, Wärmeleistung von 500 kW   | DA Seite 14                               |
|                               | Leitungen gedämmt   | Erfassungsl. Gebäude                      |
|                               | Wärmeabgabe über Heizkörper, angebracht an Aussenwänden unter Fenstern, geregelt mit Thermostatventilen   |   |
| <b>RLT</b>                    | vier RLT-Anlagen, zentrale Regelung Anlage 1 in Technikzentrale Nordteil auf Dach: Bereiche EG bis 4. OG. Anlage 2 im Nordteil des 2. UG: beide UGs. Anlage 3 auf Südteil des Daches: WCs im gesamten Gebäude | DA Seite 14                               |
|                               | Bereiche zum Innenhof im EG bis 2. OG werden über Fenster belüftet, da keine Geräuschemissionen vorhanden sind  |   |
| <b>Kälte</b>                  | Kältemaschine (für 3. und 4. OG), Luftverflüssiger, innenliegende Verteilung  | DA Seite 14                               |
| <b>Sanitär<br/>Warmwasser</b> |   | DA Seite 14                               |
|                               | Untertischboiler an jeweiligen Entnahmestellen, dezentrales System mit Durchlauferhitzer  |   |
| <b>Elektrotechnik</b>         | Trafostation vorhanden, 10 kV netzseitige Spannungsversorgung   | DA Seite 14                               |
|                               | schwachstromtechnische Anlagen: Telefon-, Sprech-, Brandmelde-, RWA-, Einbruchmelde-, Videoüberwachungsanlage, Übertragungs-/ Datennetz,  | Erfassungsliste Gebäude - Bestandaufnahme |
| <b>Beleuchtungskonzept</b>    |   |   |

### 5.2.4.3 Bauteilkennwerte und Konstruktionen

#### Z Haus

##### Bauteilkatalog:

| Bauteil | U<br>W/m <sup>2</sup> K |
|---------|-------------------------|
| DA      | 0,448                   |
| FE      | 2,6                     |
| AW 1    | 0,809                   |
| AW 2    | 0,513                   |
| BO      | 0,786                   |

QUEEN Importassistent

##### Schritt 2 von 3: Zuweisen von Standardbauteilen.

|                      |   |
|----------------------|---|
| Außenwand Typ 1:     | U=0.89 W/m <sup>2</sup> .K - Metal cladding wall 2002 Part L (Scotland)   |
| Außenwand Typ 2:     | U=0.508 W/m <sup>2</sup> .K - Fully filled-50mm min. wool                 |
| Innenwand:           | U=1.544 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Partitions                           |
| Boden:               | U=1 W/m <sup>2</sup> .K - Uninsulated floor (if floor type unknown)       |
| Dach:                | U=0.349 W/m <sup>2</sup> .K - Pitched roof with 100 mm mineral wool quilt |
| Zwischendecke Boden: | U=1.163 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Floor                       |
| Zwischendecke Decke: | U=1.167 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Ceiling                     |
| Verglasung Typ 1:    | U=3.00 W/m <sup>2</sup> .K - WINDOW                                       |
| Verglasung Typ 2:    | U=3.00 W/m <sup>2</sup> .K - WINDOW                                       |

#### Z Zwo

##### Bauteilkatalog:

| Bauteil | U<br>W/m <sup>2</sup> K |
|---------|-------------------------|
| DA      | 0,206                   |
| FE      | 1,6                     |
| AW 1    | 0,357                   |
| AW 2    | 0,308                   |
| BO      | 0,445                   |

QUEEN Importassistent

##### Schritt 2 von 3: Zuweisen von Standardbauteilen.

|                      |  |
|----------------------|--|
| Außenwand Typ 1:     | U=0.357 W/m <sup>2</sup> .K - Timber frame-50mm phenolic foam                    |
| Außenwand Typ 2:     | U=0.292 W/m <sup>2</sup> .K - Solid wall (E&W) 2006 Part L                       |
| Innenwand:           | U=1.544 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Partitions                                  |
| Boden:               | U=0.45 W/m <sup>2</sup> .K - Solid ground floor 1992 Part L 1997 Part L & 2002 P |
| Dach:                | U=0.22 W/m <sup>2</sup> .K - Flat roof phenolic foam between 150mm joists        |
| Zwischendecke Boden: | U=1.163 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Floor                              |
| Zwischendecke Decke: | U=1.167 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Ceiling                            |
| Verglasung Typ 1:    | U=1.6 W/m <sup>2</sup> .K - Climateplus ONE (12mm Luft)                          |
| Verglasung Typ 2:    | U=1.6 W/m <sup>2</sup> .K - Climateplus ONE (12mm Luft)                          |

#### DVA

#### Neckarstrasse 21

##### Bauteilkatalog:

| Bauteil | U<br>W/m <sup>2</sup> K |
|---------|-------------------------|
| DA      | 0,231                   |
| FE      | 1,5                     |
| AW 1    | 3,49                    |
| AW 2    | 0,305                   |
| BO      | 3,22                    |

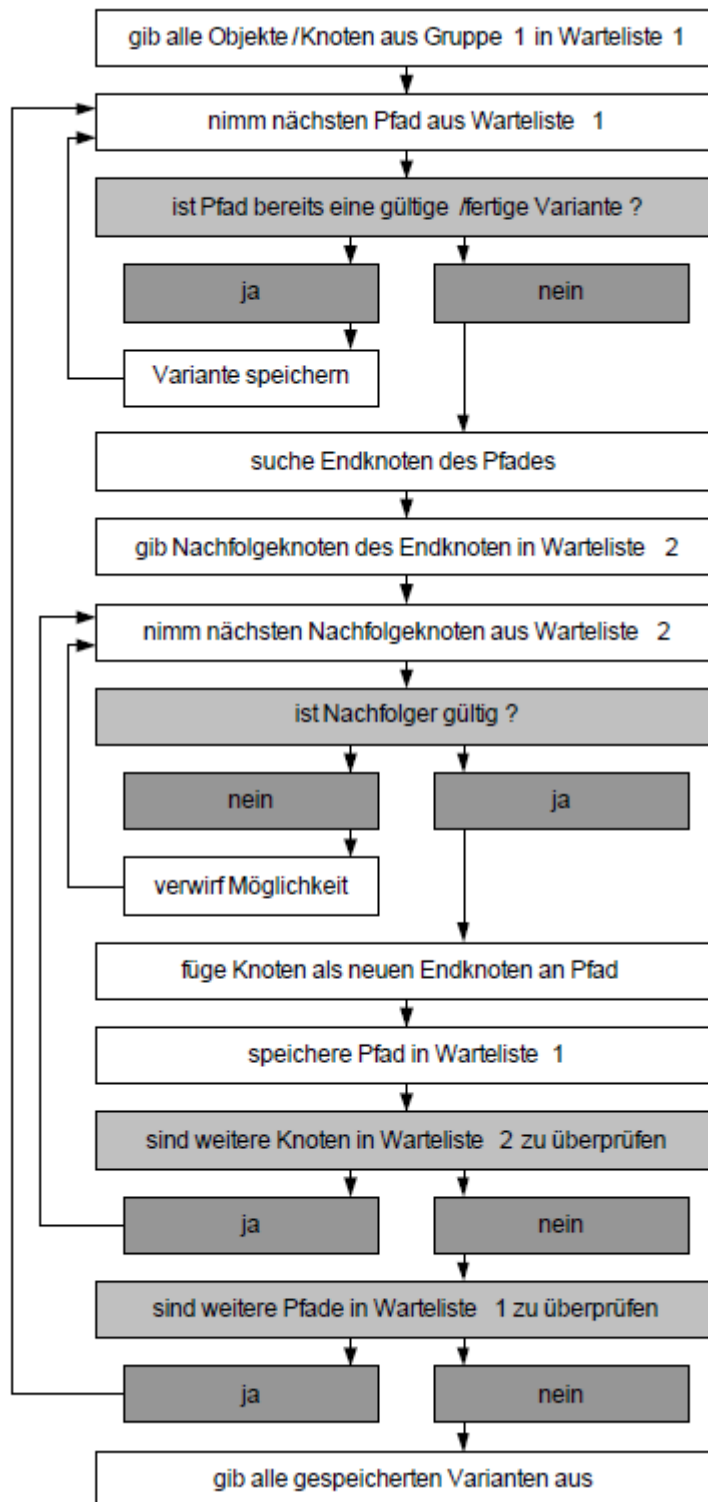
QUEEN Importassistent

##### Schritt 2 von 3: Zuweisen von Standardbauteilen.

|                      |  |
|----------------------|--|
| Außenwand Typ 1:     | U=1.7 W/m <sup>2</sup> .K - Solid concrete wall uninsulated            |
| Außenwand Typ 2:     | U=0.292 W/m <sup>2</sup> .K - Solid wall (E&W) 2006 Part L             |
| Innenwand:           | U=1.544 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Partitions                        |
| Boden:               | U=1 W/m <sup>2</sup> .K - Uninsulated floor (if floor type unknown)    |
| Dach:                | U=0.25 W/m <sup>2</sup> .K - Flat roof (E&W) 2002 Part L concrete deck |
| Zwischendecke Boden: | U=1.163 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Floor                    |
| Zwischendecke Decke: | U=1.167 W/m <sup>2</sup> .K - Medium Internal Ceiling                  |
| Verglasung Typ 1:    | U=1.514 W/m <sup>2</sup> .K - Dbl LoE (e2=.1) Clr 3mm/13mm Arg         |
| Verglasung Typ 2:    | U=1.514 W/m <sup>2</sup> .K - Dbl LoE (e2=.1) Clr 3mm/13mm Arg         |



5.2.4.4 Variantenbildung / Such – Algorithmus (Flussdiagramm)



#### 5.2.4.5 Verfügbare Ausgabevariablen QUEEN

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick, welche Ausgabevariablen in QUEEN verfügbar sind. Eine genaue Beschreibung der Variablen ist der EnergyPlus Dokumentation zu entnehmen.

##### Allgemeine Ausgabevariablen

|                                       |                        |
|---------------------------------------|------------------------|
| 1 Outdoor Barometric Pressure:        | Umgebung: Luftdruck    |
| 2 Diffuse Solar Umgebung:             | Diffuse Solarstrahlung |
| 3 Direct Solar Umgebung:              | Direkte Solarstrahlung |
| 4 Outdoor Dew Point Umgebung:         | Taupunktstemperatur    |
| 5 Outdoor Dry Bulb Umgebung:          | Trockenkugeltemperatur |
| 6 Outdoor Enthalpy Umgebung:          | Enthalpie              |
| 7 Outdoor Humidity Ratio Umgebung:    | Absolute Luftfeuchte   |
| 8 Outdoor Relative Humidity Umgebung: | Relative Luftfeuchte   |
| 9 Outdoor Wet Bulb Umgebung:          | Feuchtkugeltemperatur  |
| 10 Wind Direction Umgebung:           | Windrichtung           |
| 11 Wind Speed Umgebung:               | Windgeschwindigkeit    |

##### Zone

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| 1 Zone Air Humidity Ratio Zone:                      | Feuchte absolut               |
| 2 Zone Air Relative Humidity Zone:                   | Feuchte relativ               |
| 3 Zone Mechanical Ventilation Volume Flow Rate Zone: | Mech. L. Volumenstrom         |
| 4 Zone Mechanical Ventilation Air Change Rate Zone:  | Mech. L. Luftwechselzahl      |
| 5 Zone Infiltration Air Change Rate Zone:            | Infiltration Luftwechsel      |
| 6 Zone Infiltration Total Heat Gain Zone:            | Infiltration Wärmegewinn      |
| 7 Zone Infiltration Total Heat Loss Zone:            | Infiltration Wärmeverlust     |
| 8 Zone Mean Air Temperature Zone:                    | Mittlere Lufttemperatur       |
| 9 Zone Mean Radiant Temperature Zone:                | Mittlere Strahlungstemperatur |
| 10 Zone Operative Temperature Zone:                  | Mittlere operative Temperatur |

##### Anlage

##### **Ideales System**

- 1 Zone/Sys Sensible Cooling Rate Ideales System: Sens. Kühlleistung
- 2 Zone/Sys Sensible Heating Rate Ideales System: Sens. Heizleistung

##### **Wärmepumpe Luft-Wasser (H)**

- 1 Heat Pump Water Heater Compressor Part-Load Ratio WP: Teillast Anteil

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 2 Heat Pump Water Heater Off-Cycle Parasitic Electric Power WP: | Elektr. Leistung, Off-Cycle |
| 3 Heat Pump Water Heater On-Cycle Parasitic Electric Power WP:  | Elektr. Leistung, On-Cycle  |
| 4 Water Heater Electric Consumption Rate WP:                    | Elektr. Bedarf              |
| 5 Water Heater Source Flow Rate WP:                             | Massenstrom Quelle          |
| 6 Water Heater Source Inlet Temperature WP:                     | Eintrittstemperatur Quelle  |
| 7 Water Heater Source Outlet Temperature WP:                    | Austrittstemperatur Quelle  |
| 8 Water Heater Source Rate WP:                                  | Thermische Leistung Quelle  |
| 9 Water Heater Use Flow Rate WP:                                | Massenstrom Abnahme         |
| 10 Water Heater Use Inlet Temperature WP:                       | Eintrittstemperatur Abnahme |
| 11 Water Heater Use Outlet Temperature WP:                      | Austrittstemperatur Abnahme |
| 12 Water Heater Use Rate WP:                                    | Thermische Leistung Abnahme |

### **Wärmepumpe Wasser-Wasser (H)**

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1 GSHP HEATING Load Side Heat Transfer Rate WP:     | Therm. Leistung, Last       |
| 2 GSHP HEATING Load Side Inlet Temperature WP:      | Eintrittstemperatur, Last   |
| 3 GSHP HEATING Load Side Outlet Temperature WP:     | Austrittstemperatur, Last   |
| 4 GSHP HEATING Load Side Water Mass Flow Rate WP:   | Massenstrom, Last           |
| 5 GSHP HEATING Source Side Heat Transfer Rate WP:   | Therm. Leistung, Quelle     |
| 6 GSHP HEATING Source Side Inlet Temperature WP:    | Eintrittstemperatur, Quelle |
| 7 GSHP HEATING Source Side Outlet Temperature WP:   | Austrittstemperatur, Quelle |
| 8 GSHP HEATING Source Side Water Mass Flow Rate WP: | Massenstrom, Quelle         |

### **Fernwärme (H)**

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1 Purchased Heating Inlet Temp Fernwärme:  | Eintrittstemperatur    |
| 2 Purchased Heating Mass Flow Rate         | Fernwärme: Massenstrom |
| 3 Purchased Heating Outlet Temp Fernwärme: | Austrittstemperatur    |
| 4 Purchased Heating Rate Fernwärme:        | Thermische Leistung    |
| 5 Purchased Hot Water Rate Fernwärme:      | Therm. Leistung Wasser |

### **Niedertemperaturkessel, Gas (H)**

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1 Boiler Gas Consumption Rate Kessel Gas:     | Verbrauch           |
| 2 Boiler Heating Output Rate Kessel Gas:      | Thermische Leistung |
| 3 Boiler Parasitic Electric Power Kessel Gas: | Elektr. Leistung    |
| 4 Boiler Water Inlet Temp Kessel Gas:         | Eintrittstemperatur |
| 5 Boiler Water Mass Flow Rate Kessel Gas:     | Massenstrom         |
| 6 Boiler Water Outlet Temp Kessel Gas:        | Austrittstemperatur |

**Niedertemperaturkessel, Biomasse (H)**

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1 Boiler Gas Consumption Rate Kessel Biomasse:     | Verbrauch           |
| 2 Boiler Heating Output Rate Kessel Biomasse:      | Thermische Leistung |
| 3 Boiler Parasitic Electric Power Kessel Biomasse: | Elektr. Leistung    |
| 4 Boiler Water Inlet Temp Kessel Biomasse:         | Eintrittstemperatur |
| 5 Boiler Water Mass Flow Rate Kessel Biomasse:     | Massenstrom         |
| 6 Boiler Water Outlet Temp Kessel Biomasse:        | Austrittstemperatur |

**Niedertemperaturkessel, Öl (H)**

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1 Boiler FuelOil#1 Consumption Rate Kessel Öl: | Verbrauch           |
| 2 Boiler Heating Output Rate Kessel Öl:        | Thermische Leistung |
| 3 Boiler Parasitic Electric Power Kessel Öl:   | Elektr. Leistung    |
| 4 Boiler Water Inlet Temp Kessel Öl:           | Eintrittstemperatur |
| 5 Boiler Water Mass Flow Rate Kessel Öl:       | Massenstrom         |
| 6 Boiler Water Outlet Temp Kessel Öl:          | Austrittstemperatur |

**Niedertemperaturkessel, Holz (H)**

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1 Boiler Gas Consumption Rate Kessel Holz:           | Verbrauch           |
| 2 Boiler Heating Output Rate Kessel Holz:            | Thermische Leistung |
| 3 Boiler Parasitic Electric Consumption Kessel Holz: | Elektr. Leistung    |
| 4 Boiler Water Inlet Temp Kessel Holz:               | Eintrittstemperatur |
| 5 Boiler Water Mass Flow Rate Kessel Holz:           | Massenstrom         |
| 6 Boiler Water Outlet Temp Kessel Holz:              | Austrittstemperatur |

**Kompressionskältemaschine (K)**

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 Chiller Cond Heat Trans Rate KompKM:      | Therm. Leistung, Kondenser      |
| 2 Chiller Cond Water Inlet Temp KompKM:     | Eintrittstemperatur, Kondenser  |
| 3 Chiller Cond Water Mass Flow Rate KompKM: | Massenstrom, Kondenser          |
| 4 Chiller Cond Water Outlet Temp KompKM:    | Austrittstemperatur, Kondenser  |
| 5 Chiller COP KompKM:                       | COP                             |
| 6 Chiller Electric Power kompKM:            | Elektr. Leistung                |
| 7 Chiller Evap Heat Trans Rate KompKM:      | Therm. Leistung, Verdampfer     |
| 8 Chiller Evap Water Inlet Temp KompKM:     | Eintrittstemperatur, Verdampfer |
| 9 Chiller Evap Water Mass Flow Rate KompKM: | Massenstrom, Verdampfer         |
| 10 Chiller Evap Water Outlet Temp KompKM:   | Austrittstemperatur, Verdampfer |

**Kompressions-kältemaschine, luftgekühlt (K)**

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 Chiller Cond Air Inlet Temp KompKM:       | Eintrittstemp. Luft, Kondenser  |
| 2 Chiller Cond Heat Trans Rate KompKM:      | Therm. Leistung, Kondenser      |
| 3 Chiller COP KompKM:                       | COP                             |
| 4 Chiller Electric Power KompKM:            | Elektr. Leistung                |
| 5 Chiller Evap Heat Trans Rate KompKM:      | Therm. Leistung, Verdampfer     |
| 6 Chiller Evap Water Inlet Temp KompKM:     | Eintrittstemperatur, Verdampfer |
| 7 Chiller Evap Water Mass Flow Rate KompKM: | Massenstrom, Verdampfer         |
| 8 Chiller Evap Water Outlet Temp KompKM:    | Austrittstemperatur, Verdampfer |

**Absorptionskältemaschine, Gas (K)**

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 Chiller Cond Heat Trans Rate ABKM:      | Therm. Leistung, Kondenser      |
| 2 Chiller Cond Water Inlet Temp ABKM:     | Eintrittstemperatur, Kondenser  |
| 3 Chiller Cond Water Mass Flow Rate ABKM: | Massenstrom, Kondenser          |
| 4 Chiller Cond Water Outlet Temp ABKM:    | Austrittstemperatur, Kondenser  |
| 5 Chiller COP ABKM:                       | COP                             |
| 6 Chiller Electric Power ABKM:            | Elektr. Leistung                |
| 7 Chiller Evap Heat Trans Rate ABKM:      | Therm. Leistung, Verdampfer     |
| 8 Chiller Evap Water Inlet Temp ABKM:     | Eintrittstemperatur, Verdampfer |
| 9 Chiller Evap Water Mass Flow Rate ABKM: | Massenstrom, Verdampfer         |
| 10 Chiller Evap Water Outlet Temp ABKM:   | Austrittstemperatur, Verdampfer |
| Chiller Steam Consumption Rate ABKM:      | Verbrauch Dampf                 |

**Fernkälte (K)**

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1 Purchased Chilled Water Rate Fernkälte:  | Therm. Leistung (KW)   |
| 2 Purchased Cooling Inlet Temp Fernkälte:  | Eintrittstemperatur    |
| 3 Purchased Cooling Mass Flow Rate         | Fernkälte: Massenstrom |
| 4 Purchased Cooling Outlet Temp Fernkälte: | Austrittstemperatur    |
| 5 Purchased Cooling Rate Fernkälte:        | Therm. Leistung        |

**Kompressions-kältemaschine-WP (H+K)**

|   |                                  |
|---|----------------------------------|
| 1 GSHP COOLING Load Side Heat Transfer Rate WP:   | Therm. Leistung, Kühlung, Last   |
| 2 GSHP COOLING Load Side Inlet Temperature WP:    | Austrittstemp., Kühlung, Last    |
| 3 GSHP COOLING Load Side Outlet Temperature WP:   | Eintrittstemp., Kühlung, Last    |
| 4 GSHP COOLING Load Side Water Mass Flow Rate WP: | Massenstrom, Kühlung, Last       |
| 5 GSHP COOLING Source Side Heat Transfer Rate WP: | Therm. Leistung, Kühlung, Quelle |
| 6 GSHP COOLING Source Side Inlet Temperature WP:  | Austrittstemp., Kühlung, Quelle  |
| 7 GSHP COOLING Source Side Outlet Temperature WP: | Eintrittstemp., Kühlung, Quelle  |

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| 8 GSHP COOLING Source Side Water Mass Flow Rate WP:  | Massenstrom, Kühlung, Quelle     |
| 9 GSHP HEATING Load Side Heat Transfer Rate WP:      | Therm. Leistung, Heizung, Last   |
| 10 GSHP HEATING Load Side Inlet Temperature WP:      | Austrittstemp., Heizung, Last    |
| 11 GSHP HEATING Load Side Outlet Temperature WP:     | Eintrittstemp., Heizung, Last    |
| 12 GSHP HEATING Load Side Water Mass Flow Rate WP:   | Massenstrom, Heizung, Last       |
| 13 GSHP HEATING Source Side Heat Transfer Rate WP:   | Therm. Leistung, Heizung, Quelle |
| 14 GSHP HEATING Source Side Inlet Temperature WP:    | Austrittstemp., Heizung, Quelle  |
| 15 GSHP HEATING Source Side Outlet Temperature WP:   | Eintrittstemp., Heizung, Quelle  |
| 16 GSHP HEATING Source Side Water Mass Flow Rate WP: | Massenstrom, Heizung, Quelle     |

**Einzelanlage: Split-Klimagerät (H+K)**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1 Packaged Terminal Air Conditioner Electric Power Splitklimagerät:          | Elektr. Leistung         |
| 2 Packaged Terminal Air Conditioner Total Zone Cooling Rate Splitklimagerät: | Therm. Leistung, Kühlung |
| 3 Packaged Terminal Air Conditioner Total Zone Heating Rate Splitklimagerät: | Therm. Leistung, Heizung |

**Geothermie, Tiefenbohrung**

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1 Ground Heat Exchanger Average Borehole Temperature Geothermie (Tief): | Mittlere Temp. Bohrloch |
| 2 Ground Heat Exchanger Average Fluid Temp Geothermie (Tief):           | Mittlere Temp. Medium   |
| 3 Ground Heat Exchanger Heat Transfer Geothermie (Tief):                | Therm. Leistung         |
| 4 Ground Heat Exchanger Inlet Temp Geothermie (Tief):                   | Eintrittstemperatur     |
| 5 Ground Heat Exchanger Mass Flow Rate Geothermie (Tief):               | Massenstrom             |
| 6 Ground Heat Exchanger Outlet Temp Geothermie (Tief):                  | Austrittstemperatur     |

**Geothermie, Flachkollektor**

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1 Surface Ground Heat Exchanger Heat Transfer Rate Geothermie (Flach): | Therm. Leistung     |
| 2 Surface Ground Heat Exchanger Inlet Temp Geothermie (Flach):         | Eintrittstemperatur |
| 3 Surface Ground Heat Exchanger Mass Flow Rate Geothermie (Flach):     | Massenstrom         |
| 4 Surface Ground Heat Exchanger Outlet Temp Geothermie (Flach):        | Austrittstemperatur |

**Offener Kühlturm**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 Tower Water Evaporation Rate Kühlturm: | Verdampfung                |
| 2 Tower Fan Electric Power Kühlturm:     | Elektr. Leistung           |
| 3 Tower Heat Transfer Kühlturm:          | Therm. Leistung            |
| 4 Tower Water Inlet Temp Kühlturm:       | Eintrittstemperatur        |
| 5 Tower Water Mass Flow Rate Kühlturm:   | Massenstrom Wasser         |
| 6 Tower Water Outlet Temp Kühlturm:      | Austrittstemperatur Wasser |

### **Offener Kühlturm mit Free Cooling**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 Tower Water Evaporation Rate Kühlturm: | Verdampfung                |
| 2 Tower Heat Transfer Kühlturm:          | Therm. Leistung            |
| 3 Tower Fan Electric Power Kühlturm:     | Elektr. Leistung           |
| 4 Tower Water Inlet Temp Kühlturm:       | Eintrittstemperatur Wasser |
| 5 Tower Water Mass Flow Rate Kühlturm:   | Massenstrom Wasser         |
| 6 Tower Water Outlet Temp Kühlturm:      | Austrittstemperatur Wasser |

### **Solarthermie, Flachkollektor**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1 Solar Collector Efficiency Solarkollektor:         | Effizienz                |
| 2 Solar Collector Heat Gain Rate Solarkollektor:     | Therm. Leistung, Gewinn  |
| 3 Solar Collector Heat Loss Rate Solarkollektor:     | Therm. Leistung, Verlust |
| 4 Solar Collector Heat Transfer Rate Solarkollektor: | Therm. Leistung          |

### **Luft-Erdwärmetauscher**

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
| 1 EarthTube-Fan Electric Consumption LEWT: | Elektr. Leistung                   |
| 2 EarthTube-Inlet Air Temperature LEWT:    | Eintrittstemperatur, Luft          |
| 3 EarthTube-Sensible Heat Gain LEWT:       | Therm. Leistung, Gewinn, sensibel  |
| 4 EarthTube-Sensible Heat Loss LEWT:       | Therm. Leistung, Verlust, sensibel |
| 5 EarthTube-Volume LEWT:                   | Volumen                            |

### **Latentspeicher**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| 1 Ice Thermal Storage Charging Rate Latentspeicher:        | Therm. Leistung, Beladung    |
| 2 Ice Thermal Storage Cooling Rate Latentspeicher:         | Therm. Leistung, Kühlung     |
| 3 Ice Thermal Storage End Fraction Latentspeicher:         | Anteil                       |
| 4 Ice Thermal Storage Load Requested Latentspeicher:       | Therm. Leistung, Lastabnahme |
| 5 Ice Thermal Storage Water Inlet Temp Latentspeicher:     | Eintrittstemperatur Medium   |
| 6 Ice Thermal Storage Water mass flow rate Latentspeicher: | Massenstrom Medium           |
| 7 Ice Thermal Storage Water Outlet Temp Latentspeicher:    | Austrittstemperatur Medium   |

### **Außenluftkühlung**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1 Zone Ventilation Fan Electric Consumption Zone, Ventilation: | Elektr. Leistung         |
| 2 Zone Ventilation Inlet Air Temperature Zone, Ventilation:    | Eintrittstemperatur Luft |
| 3 Zone Ventilation Total Heat Gain Zone, Ventilation:          | Therm. Leistung, Gewinn  |
| 4 Zone Ventilation Total Heat Loss Zone, Ventilation:          | Therm. Leistung, Verlust |

### **Fensterlüftung, Zeitprofil**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1 Zone Ventilation Fan Electric Consumption Zone, Ventilation: | Elektr. Leistung         |
| 2 Zone Ventilation Inlet Air Temperature Zone, Ventilation:    | Eintrittstemperatur Luft |
| 3 Zone Ventilation Total Heat Gain Zone, Ventilation:          | Therm. Leistung, Gewinn  |
| 4 Zone Ventilation Total Heat Loss Zone, Ventilation:          | Therm. Leistung, Verlust |

### **Zentrale Lüftungsanlage (H)**

|  |                  |
|--|------------------|
| 1 Fan Electric Power Lüftung:            | Elektr. Leistung |
| 2 Total Water Heating Coil Rate Lüftung: | Therm. Leistung  |

### **Zentrale Lüftungsanlage (H+K)**

|  |                          |
|--|--------------------------|
| 1 Fan Electric Power Lüftung:            | Elektr. Leistung         |
| 2 Total Water Cooling Coil Rate Lüftung: | Therm. Leistung, Kühlung |
| 3 Total Water Heating Coil Rate Lüftung: | Therm. Leistung, Heizung |

### **Zentrale Lüftungsanlage (WRG+H+K)**

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 Fan Electric Power Lüftung:                   | Elektr. Leistung              |
| 2 Heat Exchanger Total Cooling Rate Lüftung:    | Therm. Leistung, Kühlung, WRG |
| 3 Heat Exchanger Total Heating Rate Lüftung:    | Therm. Leistung, Heizung, WRG |
| 4 Total Water Cooling Coil Rate Lüftung:        | Therm. Leistung, Kühlung      |
| 5 Total Water Heating Coil Rate Lüftung:        | Therm. Leistung, Heizung      |
| 6 Heat Recovery Sensible Effectiveness Lüftung: | Effizienz sensibel            |
| 7 Heat Recovery Latent Effectiveness Lüftung:   | Effizienz latent              |

### **Fußbodenheizung (H)**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 Hydronic Low Temp Radiant Heating Rate Bodenheizung:      | Therm. Leistung            |
| 2 Hydronic Low Temp Radiant Water Inlet Temp Bodenheizung:  | Eintrittstemperatur Wasser |
| 3 Hydronic Low Temp Radiant Water Mass Flow Bodenheizung:   | Massenstrom Wasser         |
| 4 Hydronic Low Temp Radiant Water Outlet Temp Bodenheizung: | Austrittstemperatur        |

### **Bodenkonvektoren (H)**

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1 Baseboard Heating Rate Bodenkonvektor: | Therm. Leistung |
|--|-----------------|

### **Gasdunkelstrahler (H)**

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1 High Temperature Radiant Gas Consumption Rate Gasdunkelstrahler: | Gasverbrauch    |
| 2 High Temperature Radiant Heating Rate Gasdunkelstrahler:         | Therm. Leistung |

### **Statische Kühlflächen (K)**



|   |                            |
|---|----------------------------|
| 1 Hydronic Low Temp Radiant Cooling Rate Statische KF:      | Therm. Leistung            |
| 2 Hydronic Low Temp Radiant Water Inlet Temp Statische KF:  | Eintrittstemperatur Wasser |
| 3 Hydronic Low Temp Radiant Water Mass Flow Statische KF:   | Massenstrom Wasser         |
| 4 Hydronic Low Temp Radiant Water Outlet Temp Statische KF: | Austrittstemperatur Wasser |

#### **Betonkerntemperierung (K)**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| 1 Hydronic Low Temp Radiant Cooling Rate BTA:      | Therm. Leistung            |
| 2 Hydronic Low Temp Radiant Water Inlet Temp BTA:  | Eintrittstemperatur Wasser |
| 3 Hydronic Low Temp Radiant Water Mass Flow BTA:   | Massenstrom Wasser         |
| 4 Hydronic Low Temp Radiant Water Outlet Temp BTA: | Austrittstemperatur Wasser |

#### **Fensterklimagerät (K)**

|  |                  |
|--|------------------|
| 1 Window AC Electric Power Fensterklimagerät:          | Elektr. Leistung |
| 2 Window AC Total Zone Cooling Rate Fensterklimagerät: | Therm. Leistung  |

#### **Fan Coils (H+K)**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 Fan Coil Electric Power Fan Coil:       | Elektr. Leistung         |
| 2 Total Water Heating Coil Rate Fan Coil: | Therm. Leistung, Heizung |
| 3 Total Water Cooling Coil Rate Fan Coil: | Therm. Leistung, Kühlung |

Anmerkung: Die Ausgabe sämtlicher Variablen erfolgt stündlich, wobei Energie in Joule, Leistung in W ausgegeben wird. Zur besseren Verständlichkeit der Ergebnisse werden daher die Leistungen über einen Zeitraum von einer Stunde als Energie interpretiert und mit der Einheit Wh bezeichnet.

Die Ausgabeformen Charting, Benchmarking und CSV enthalten wesentlich detailliertere Information als der von EnergyPlus generierte Simulationsbericht und sind deshalb diesem vorzuziehen.

## 5.3 Bestandserfassung mittels 3D-Laserscanning

### 5.3.1 Einleitung

#### 5.3.1.1 Laserscanning im Bauwesen - heute

Die maßliche Erfassung eines bestehenden Gebäudes stellt die erste Maßnahme dar, um eine Grundlage für den Entwurfs- und Planungsprozess zu schaffen. Sehr häufig finden sich bei den zum Umbau, zur Sanierung oder zur Revitalisierung anstehenden Gebäuden keine oder nur unzureichende Bestandsunterlagen, die meist nur den „Planungsstand“ VOR der Errichtung abbilden, und somit weder die Abweichungen während des ursprünglichen Bauprozesses, noch die Vielzahl der in den vergangenen Jahren oder Jahrzehnten erfolgten Veränderungen am Gebäude abbilden.

Mit der Herausforderung an die Gebäude bzgl. energetischer Sanierung des Immobilienbestandes gehen viele Eigentümer vermehrt eine umfangreiche Revitalisierung des Gebäudes an, die neben der nutzerorientierten Anpassung von Grundrissen auch tiefgreifende Eingriffe in die tragende Baukonstruktion beinhaltet.

Um zu dem neuen, „Ressourceneffizienten Gebäude“ zu gelangen, bedarf es daher zunächst der zuverlässigen Bestandsaufnahme, sowohl in maßlicher Hinsicht, als auch im Hinblick auf den Zustand und die Qualität der vorhandenen Bausubstanz. Erst auf dieser Grundlage können die prinzipiellen Entscheidungen getroffen werden, inwieweit Gebäudeteile erhalten und sinnvoll ergänzt werden können, bzw. wo Rückbau und Neuerstellung erforderlich werden.

Das moderne 3D-Laserscanning bietet als berührungslose Messtechnik heute die Möglichkeit, auch schwer zugängliche Objekte oder Anlagen schnell und unter laufendem Betrieb detailgenau zu vermessen. Ferner stehen die Millionen von erfassten Messpunkte in digitaler Form zur Verfügung, so dass sich die Implementierung und Weiterbearbeitung in CAD-Systemen anzubieten scheint.

#### 5.3.1.2 Ziele – im Forschungsprojekt REG

**Ziel dieser Untersuchung ist es, die praktikable Anwendung dieser modernen Messtechnik am Beispiel von Bürogebäuden zu untersuchen und in einem wirtschaftlichen Vergleich den herkömmlichen tachymetrischen Messverfahren gegenüberzustellen.**

Ferner soll der Aufwand zur Überführung der Messpunktewolken in ein CAD-System untersucht, sowie die Abweichungen der als „IST-Bestand“ aufgemessenen Bausubstanz gegenüber einem virtuell konstruierten 3D-Gebäudemodell aufgezeigt und interpretiert werden.

## 5.3.2 ELaserscanning am „Züblin-Haus“

### 5.3.2.1 Vorbereitung

Als wissenschaftlicher Partner begleitete das Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. H. Kuhlmann das Forschungsprojekt, das unter der Führung von Herrn Dr.-Ing. Schauerte die Messungen vornahm.

#### Auswahl des Projektes

Untersucht werden sollte sowohl die Vermessung von Außenbereichen (Umgebung, Bezug zur Strasse ...), Hüllflächen des Gebäudes ( Fassaden, Terrassenflächen, ...) als auch der Innenräume, die wiederum mit den Punktwolken der Fassadenflächen in Bezug gebracht werden mussten, um so beispielsweise Elementdicken von Konstruktionen – z.B. der Außenwand – abzuleiten.

Das Gebäude „DVA-Neckarstrasse“ stellt von seiner Baustruktur ebenso wie das „Z-zwo“ Gebäude einen Büroriegel mit Fensterbändern dar. Auch ist die plane Putzfassade eher unspektakulär, bzw. die Metallfassade beim Z-zwo kritisch hinsichtlich Verzerrung der Messergebnisse infolge von möglichen Reflexionen des Laserstrahls.

Das Züblin-Haus in Stuttgart-Möhringen dagegen weist eine komplexe und profilierte Stahlbeton-Fertigteil-Fassade mit einer Vielzahl von Versprüngen auf und bietet als Bürogebäude mit zwei parallel zueinander angeordneten Gebäuderiegeln und dazwischen liegendem, glasüberdachtem Hofbereich die Möglichkeit auch eine Innenhofsituation zu erfassen.



Abb. 5.3.2.1-01:  
Nord-Ansicht „Züblin-

### Vorbereitende Maßnahmen / Unterlagen

Als Vorbereitung fand vor dem Vermessungstermin eine visuelle Objekterkundung statt, um die örtlichen Besonderheiten, möglichen Aufstellflächen der Laserscanner und die notwendigen Spezifikationen der Geräte festzustellen. Dabei sind

- die Anzahl der Messstandorte (Wirtschaftlichkeit),
- deren Zugänglichkeit und Lage,
- die möglichen Vermessungsradien der Scanner (Geräteanforderungen) und
- die notwendigen Messgenauigkeiten

gegeneinander abzuwägen.

Anhand der vorliegenden Grundrisse, Schnitte und Ansichten des Gebäudes wurden vor Ort die zu vermessenden Bereiche innerhalb der Halle, im Außenbereich sowie der Innenräume definiert.

## Abgrenzung des zu vermessenden Bereichs

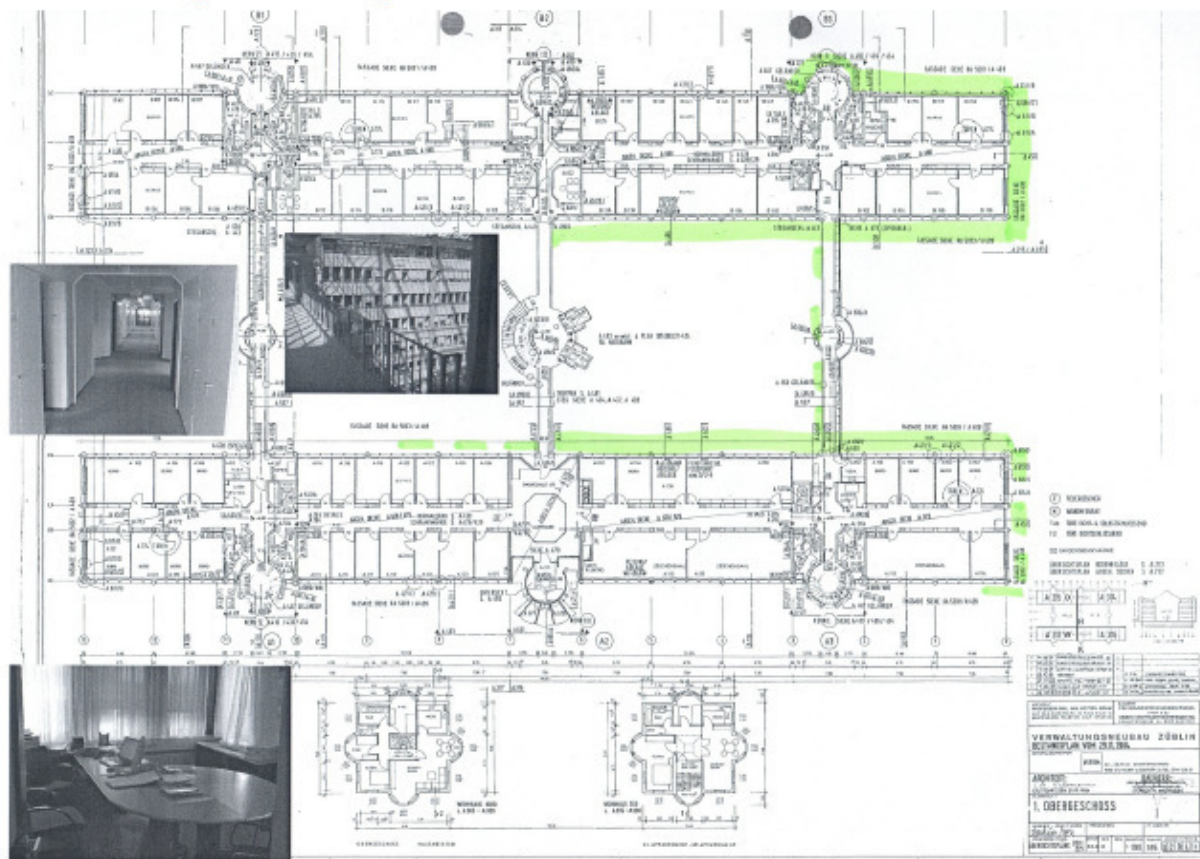


Abb. 5.3.2.1-01: Grundriss – südlicher Teil – als Übersichtsplan zur Festlegung der zu vermessenden Bereiche



Herr Dr. Schauert und Herr Blome vom Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG) konnten aufgrund dieser Vorgaben die notwendigen Laserscanner auswählen und den Einsatz terminlich und personell disponieren.

### 5.3.2.2 Durchführen des Laserscannings

#### Verfahren

Beim Laserscanning wird der Horizontalwinkel, der Vertikalwinkel und die Entfernung zum Messpunkt gemessen, und dessen Position somit eindeutig bestimmt (polare tachymetrische Punktbestimmung). Dabei wird der distanzmessende Laserstrahl von einem im Inneren des Laserscanners rotierenden Spiegel sehr schnell von einem Punkt zum nächsten gelenkt und überstreicht das Gebäude dabei z.B. in Vertikalebene, die dann in Horizontalrichtung hintereinandergeschaltet werden.



Abb. 5.3.2.2-01: Laserscanner Leica-HDS 3000

Moderne Geräte ermöglichen dadurch ein „Rundum Scannen“ mit Scanraten von

- bis zu 500.000 vermessenen Punkten pro Sekunde und
  - Messgenauigkeiten von 2-4 mm
- jeweils abhängig vom Gerät, der Messdistanz sowie den Lichtverhältnissen, dem Auftreffwinkel und der Oberfläche.

Dabei entstehen als Ergebnis stets Punktwolken, die in sich stimmig sind und z.B. einen Raum oder den Bereich einer Fassade exakt beschreiben, die aber zunächst noch keinen exakten Bezug zum Objekt oder einem übergeordneten Koordinatensystem haben.

### Aufbau eines Koordinatensystems mittels Referenzpunkten

Um die einzelnen Punktwolken verschiedener Messorte zueinander ins Verhältnis setzen zu können, werden vor Beginn des Scans jeweils gut erfassbare Referenzpunkte – sogenannten „Zielzeichen“ - am Objekt befestigt. Diese werden tachymetrisch eingemessen und in ein Koordinatensystem integriert.



Referenzpunkt an der Außenfassade zur tachymetrischen Einmessung

→ an einer vom Laserscanner ebenfalls gut erfassbaren Stelle

Abb. 5.3.2.2-01: Anbringen von Zielzeichen als Referenzpunkte auf der Außenfassade

Durch diese im Anschluss auch vom Scanner erfassten Referenzpunkte können die einzelnen Punktwolken räumlich in das Koordinatensystem eingebettet und exakt aufeinander bezogen werden.

### Laserscanning vor Ort

Das Scannen der zuvor festgelegten Bereiche fand an zwei aufeinanderfolgenden Tagen im Mai 2008 statt. Der leicht bewölkte Himmel bot dabei nicht nur für Mensch und Maschine, sondern auch für das Messergebnis ideale Voraussetzungen.

Die Vermessungsarbeiten wurden durchgeführt vom Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn (IGG) mit insgesamt 3 Personen. So wurden zunächst die vorbereiteten Vermessungspunkte zum Aufbau des Referenznetzes an strategisch günstigen Punkte befestigt (1 Person), anschließend tachymetrisch eingemessen (2 Personen), während die dritte Person mittels Laptop und Laserscanner bereits erste Bereiche der Fassade erfasste. Zwischendurch

wurde Gerät und Stromversorgung (teilweise über Generator) zum nächsten Standpunkt befördert.

Die vorgenannten Arbeitsschritte wurden gemäß dem zuvor festgelegten Ablaufplan immer wieder versetzt ausgeführt, um den Einsatz der drei Personen (meist ein „Springer“) optimal zu gestalten.



Abb. 5.3.2.2-01: benötigte Messausrüstung - Aufbau der Messgeräte

Neben den tachymetrischen Messgeräten kamen dabei Rotations-Laserscanner der Firma Leica mit jeweils typ-spezifischen Eigenschaften zum Einsatz:

**Fassadenbereiche (außen + innen):**

**Leica HDS 3000**

2000 Pkte/sec.

150 m Reichweite

Impulsmessverfahren

Integrierte Kamera

**Innenräume:**

**Leica HDS 4500/Z+F Imager 5003**

500.000 Pkte/sec.

52 m Reichweite

Phasenvergleichsverfahren





Abb. 5.3.2.2-02: tachymetrische Einmessung der Zielzeichen – zum Aufbau des Referenznetzes



Abb. 5.3.2.2-03: Messvorgang Innenhof auf Brücke

Laserscanning „in progress...“



Abb. 5.3.2.2-04: Echtzeit-Verfolgung der gescannten Bereiche am Laptop



Die örtlichen Vermessungsarbeiten waren durch die sinnvoll gestaffelte und effiziente Einteilung des Personals nach zwei arbeitsreichen Tagen abgeschlossen – und ca. 60 Millionen Messpunkte „im Kasten“.

Der personelle Gesamtaufwand von 60 Stunden mit 2 – 3 Personen teilt sich auf in:

|   |                        |                      |
|---|------------------------|----------------------|
| ➤ Anlegen und Aufmessen des Referenznetzes      | 5 Std. / Person →      | <b>15 Std.</b>       |
| ➤ Laserscanning (Fassade, Innenhof, Innenräume) | 25 Std./ Person →      | <b>38 Std.</b>       |
| ➤ Logistik (Auf-/Abbauen Geräte, Fotos, ...)    | <u>3 Std./Person →</u> | <u><b>7 Std.</b></u> |
|   | <b>Summe:</b> →        | <b>60 Std.</b>       |

In dieser Zeit wurden im Innen- und Außenbereich des Gebäudes

- 27 ortsverschiedene Laserscans durchgeführt
- mit der Erfassung von ca. 60 Millionen Messpunkten (Datenmenge ~ 1,3 GigaByte) und
- Genauigkeiten bei der Registrierung zwischen 0,5 ... 1,0 cm

### 5.3.2.3 Auswerten und Bearbeiten der Punktwolke / Scandaten

In Abhängigkeit vom angestrebten Auswertungsziel des Laserscan-Verfahrens sind nach Abschluss der örtlichen Arbeiten eine Vielzahl von Bearbeitungsschritten am Computer erforderlich.

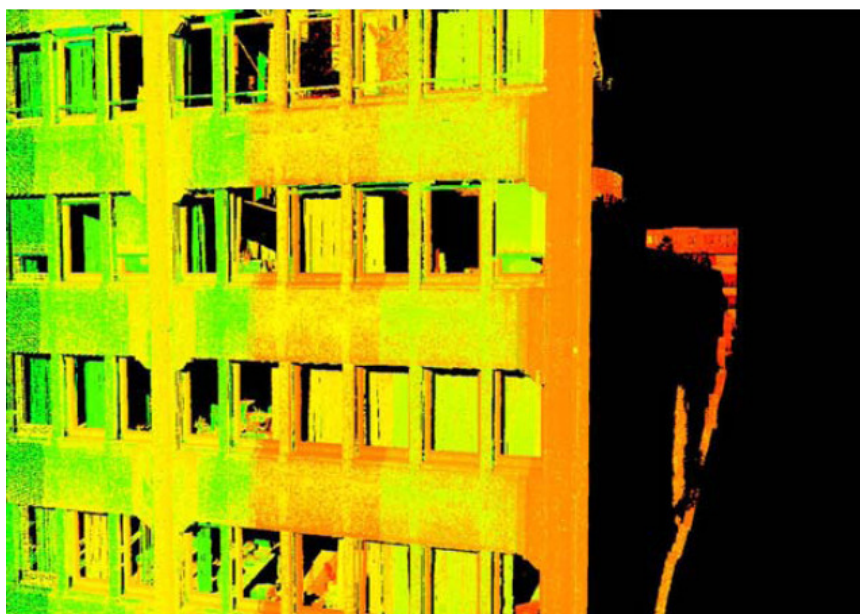
#### Punktwolken

##### a) unbearbeitete Punktwolke:

Eine einzelne vom Laserscanner gelieferte Punktwolke kann bereits in herkömmlichen Programmen wie „Acrobat Reader“ dargestellt und betrachtet werden. Dabei sind quasi für jedermann exakte Maße im Programm abgreifbar.

Es ist somit möglich, das Ergebnis der Vermessungen in dieser „unbearbeiteten Form“ festzuhalten, zu betrachten oder z.B. in Form einer Anlage zu einem Vertrag den IST-Zustand eines Gebäudes zu einem definierten Zeitpunkt exakt zu fixieren.

Bei der Messung des Laserscanners wird neben den drei räumlichen Koordinaten des jeweiligen Messpunktes auch die Intensität des reflektierten Laserstrahls abgespeichert. Dieser Intensitätswert des Messpunktes wird bei der optischen Darstellung durch einen entsprechend abgestuften Farb-/ Helligkeitswert repräsentiert. Da die Intensität des reflektierten Laserstrahls abhängig ist von der Oberfläche des gescannten Objektes, entsteht durch die farbliche Abstufung bereits ein farblich differenziertes Bild des Messobjektes, das bereits einen guten räumlichen Eindruck vermittelt, und somit schon eingeschränkt zur optischen Darstellung des Objektes verwendet werden kann.



#### 3D-Punktwolke – (noch unbearbeitet):

- Volumenkonturen durch Farbwerte deutlich erkennbar
- Störgrößen im Bereich der Fenster („Durchschießen der Messstrahlen“)
- Abriss der Punktwolke am Fassadenrand

Abb. 5.3.2.3-01: Punktwolke Süd-West-Fassade B-Block - mit farblich differenzierter Darstellung des Reflexionsgrades

b) „bereinigte“ Punktwolke:

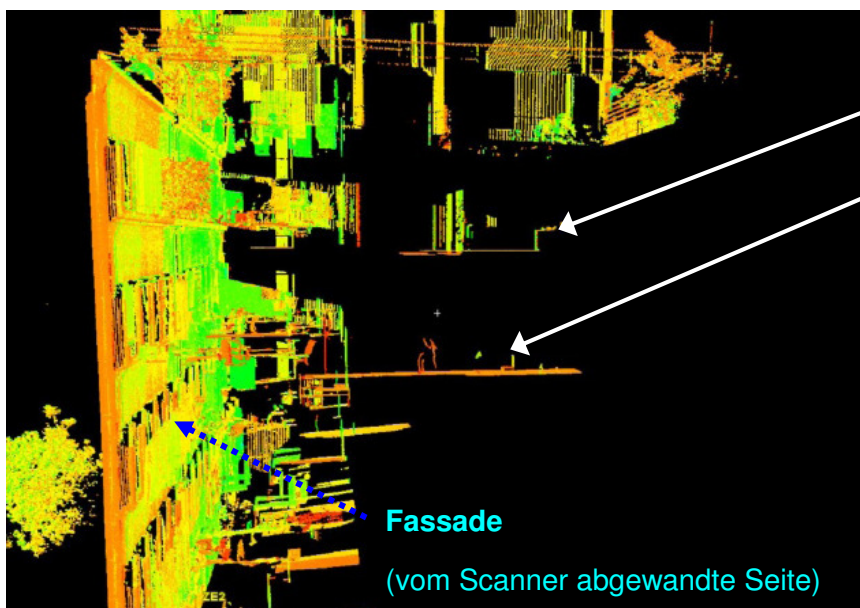
Das Laserscan-Verfahren ist ein optisches Messverfahren, das bei optischen Verzerrungen oder Spiegelungen seine Grenzen findet. Sollte der reflektierte Laserstrahl verfälscht, abgelenkt oder gestreut werden, so äußert sich das bei der Erfassung in Datenfehlern.

Bei einer Glasfläche beispielsweise kann der Laserstrahl

- das Glas vollständig durchdringen, wird von einer Oberfläche im dahinter liegenden Raum reflektiert, durchdringt erneut die Glasfläche und wird so zum Messgerät zurückgeworfen.
- am Glas so reflektiert werden (z.B. bei schräg auftreffendem Messstrahl), dass ein Großteil des Laserstrahls nicht zum Messgerät reflektiert wird, bzw. - als gegenteiliges Extrem –
- an spiegelnden Flächen zu annähernd 100% reflektiert werden. Die Intensität des reflektierten Strahls ist dann derart hoch, dass es auch hier zu Fehlinterpretationen kommt („Durchschießen“ des Messstrahls).

Neben diesen Extremen kann es zu Messungenauigkeiten durch optische Reflexionsverfälschungen z.B. infolge sehr kleiner Auftreffwinkel auf die Oberfläche (schleifender Schnitt) oder sehr poröser bzw. diffus reflektierender Materialien kommen.

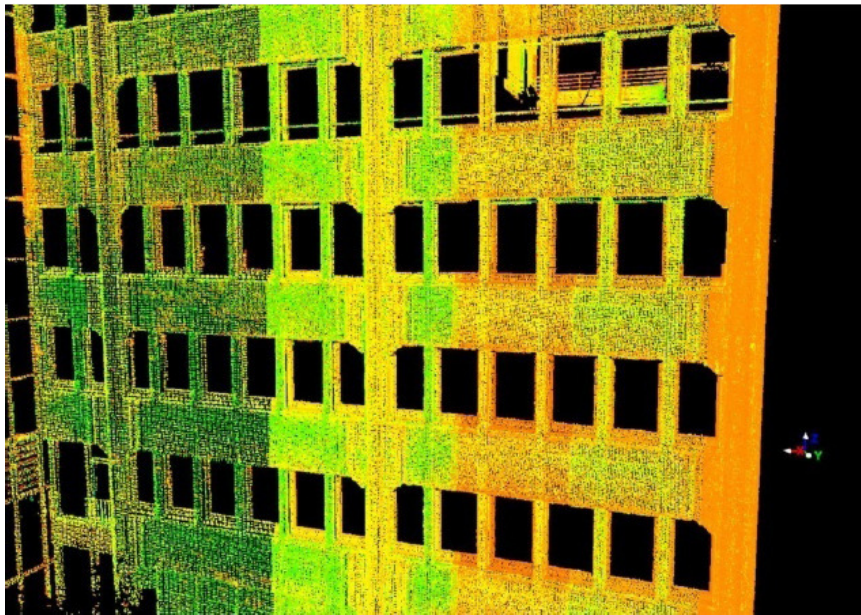
Diese Messfehler bzw. Messungenauigkeiten kann das Messgerät nicht erkennen oder kompensieren. Hier ist der Mensch gefragt, der die vorhandene Punktwolke von den o.g. Ungenauigkeiten und Fehlern bereinigt.



Reflexionen von  
„in den Räumen + hinter  
der Fassade liegenden“  
Objekten

Abb. 5.3.2.3-02:  
Punktwolke Süd-West-Fassade,

Diese – für den Bearbeiter aus der Kenntnis des Objektes und des Messverfahrens – erkennbaren Messfehler bzw. überflüssigen Punkte werden händisch entfernt, und die Punktwolke somit auf die dem Auswertungsziel entsprechenden notwendigen Bereiche reduziert:



„bereinigte Punktwolke“  
nach manueller Reduktion  
der überflüssigen  
Bereiche und der  
Messfehler

Abb. 5.3.2.3-03:  
*„bereinigte“ Punktwolke Süd-West-  
Fassade, B-Block*

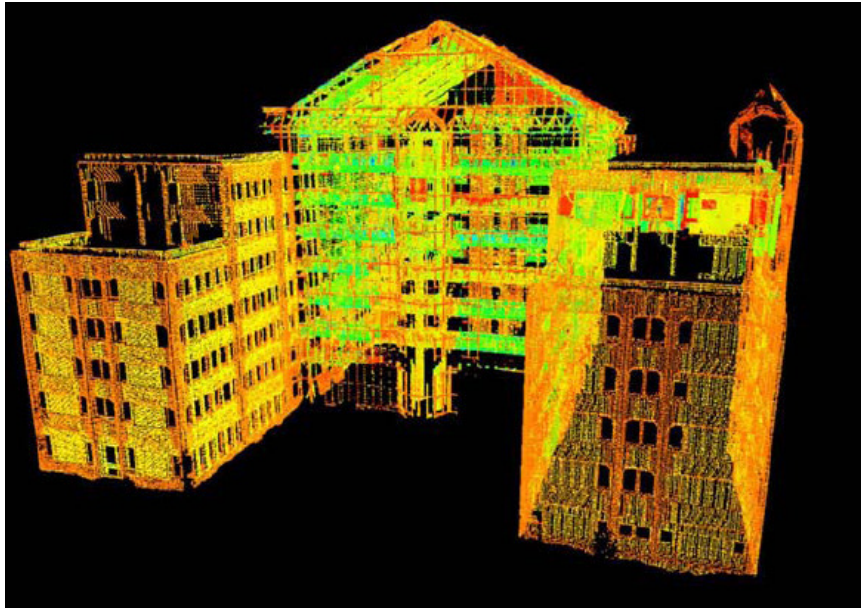
#### c) „registrierte“ Punktwolke:

Im Zuge der Vermessungsarbeiten vor Ort wurden 27 Scans von unterschiedlichen Standpunkten durchgeführt. Bei jedem Scan werden gut sichtbar platzierte Referenzpunkte mit „eingescannt“, die zuvor tachymetrisch eingemessen wurden und somit in ein Referenznetz integriert sind.

Die einzelnen Punktwolken lassen sich nunmehr über die erfassten Referenzpunkte in dieses Referenznetz integrieren und exakt zueinander anordnen. Somit können beispielsweise auch Distanzmasse aus unterschiedlichen Punktwolken ermittelt werden – z.B. aus der Punktwolke eines Innenraumscans und eines Fassadenscans kann die Dicke der Außenwandkonstruktion ermittelt werden.

Die einzelnen Punktwolken werden somit in der exakt richtigen Lage zueinander angeordnet und bilden in der Summe eine sogenannte „registrierte Punktwolke“, welche den gesamten Gebäudekörper wiedergibt.





„registrierte Punktwolke“  
als Verknüpfung der  
einzelnen bereinigten  
Punktwolken innerhalb  
des Referenznetzes

→ dreidimensionales  
„Pixel-Modell“ des  
Gebäudes aus Millionen  
von Messpunkten

Abb. 5.3.2.3-04:  
„registrierte“ + verknüpfte Punkt-  
wolke, Süd-Seite

#### Ableiten von Flächen / einfachen geometrischen Primitiven:

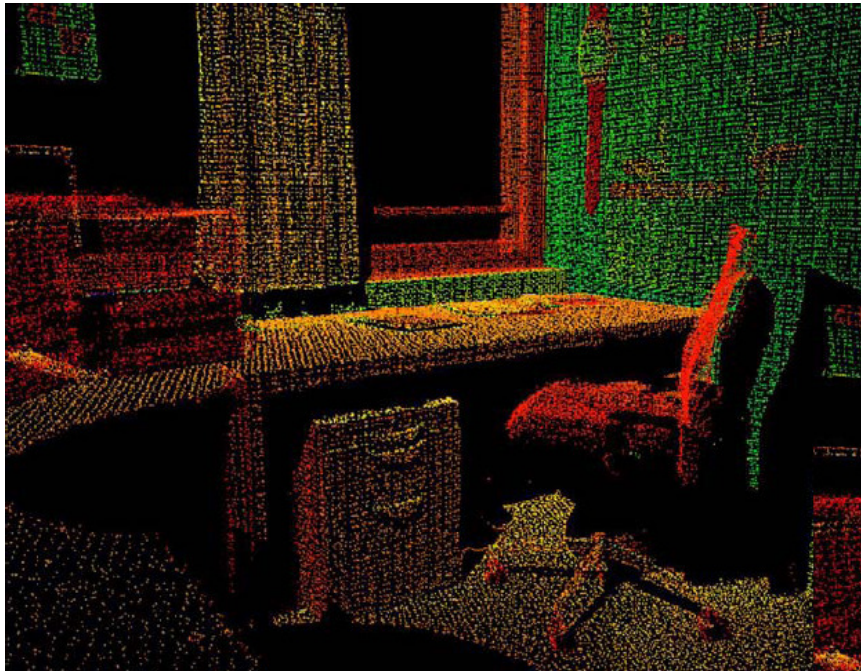
Die so entstandene „registrierte Punktwolke“ des Gebäudes besteht aus Millionen von eindimensionalen Punkten in einem dreidimensionalen Referenznetz. Diese lässt sich in einfachen Computerprogrammen (z.B. Adobe „Acrobat Reader“) von quasi „jedermann“ betrachten und als Gebäude begreifen.

Um das Objekt nunmehr in CAD-Systemen bearbeiten bzw. „bepflanzen“ zu können, müssen aus den Millionen von Einzelpunkten zunächst Flächen und Volumina generiert werden. Ferner wäre eine Verarbeitung der Punktwolken in CAD-Systemen aufgrund der hohen Anzahl von Punkten enorm träge.

Hierzu wird die registrierte Punktwolke mit einer vom Hersteller der Scansysteme entwickelten Software bearbeitet, und der Import in herkömmliche CAD-Systeme vorbereitet. Im Rahmen des Forschungsprojektes kam die Software „Cyclone“ der Firma LEICA zum Einsatz.

Am Beispiel eines gescannten Büroraumes, welcher zum Scan-Zeitpunkt voll möbliert war, soll beispielhaft deutlich gemacht werden, wie die geometrisch relevanten Punkthäufungen des Gebäudes aus den Punktwolken selektiert und in zweidimensionale Flächen umgewandelt werden können.

Die raumbegrenzenden Flächen (hier: seitliche Trennwand, Fußboden, Außenwand) werden vom Laserscanner teilweise erfasst, teilweise aber auch durch Mobiliar verdeckt. Gerade geometrisch wichtige Bereiche wie z.B. der Eckpunkt „Boden – Außenwand - seitliche Trennwand“ sind von der mit gescannten Tischplatte überdeckt.



Die Möblierung verdeckt einen Großteil der geometrisch relevanten Flächen (Trennwand, Fußboden, Außenwandgesims, ...)

ebenfalls erkennbar:  
die tachymetrisch eingemessene Markierung am Fenster als Bezugspunkt innerhalb des Referenznetzes

*Abb. 5.3.2.3-01:  
unbearbeitete Punktwolke,  
Büroraum mit Möblierung*

Wie bereits erwähnt speichert das Messgerät ebenfalls die Intensität des reflektierten Signals und wandelt diesen Wert bei der Darstellung um in einen Farb- bzw. Helligkeitswert. Dies ermöglicht zum einen visuell die räumliche Zuordnung der einzelnen Punkte – so dass der Eindruck eines 3D-Bildes entsteht. Weiterhin deuten ähnliche Farbwerte auf ähnliche Materialien innerhalb einzelner Bereich hin.

Dieses macht sich die Software Cyclone zu Nutze und nimmt die Punkte ähnlicher Reflexionswerte innerhalb eines ausgewählten Bereiches als „zusammengehörige Fläche“ an - hier z.B. die grün dargestellte Punkthäufung im Bereich der seitlichen Trennwand. Das Programm mittelt aus der Summe der „erkannten“ Punkte nunmehr eine Ebene aus und bildet auf dieser die Fläche ab, die von den erkannten Punkten begrenzt wird.

Gleiches wird z.B. für den Fußboden oder den Brüstungskanal an der Außenwand (oberhalb der Tischplatte) durchgeführt.

Die so gebildeten Flächen werden miteinander verschnitten, so dass als Schnittkante – z.B. zwischen Boden und Trennwand – nunmehr eine exakte geometrische Kante entsteht, während die Punktwolke noch eine leicht diffuse Ansammlung von Einzelpunkten geliefert hatte.

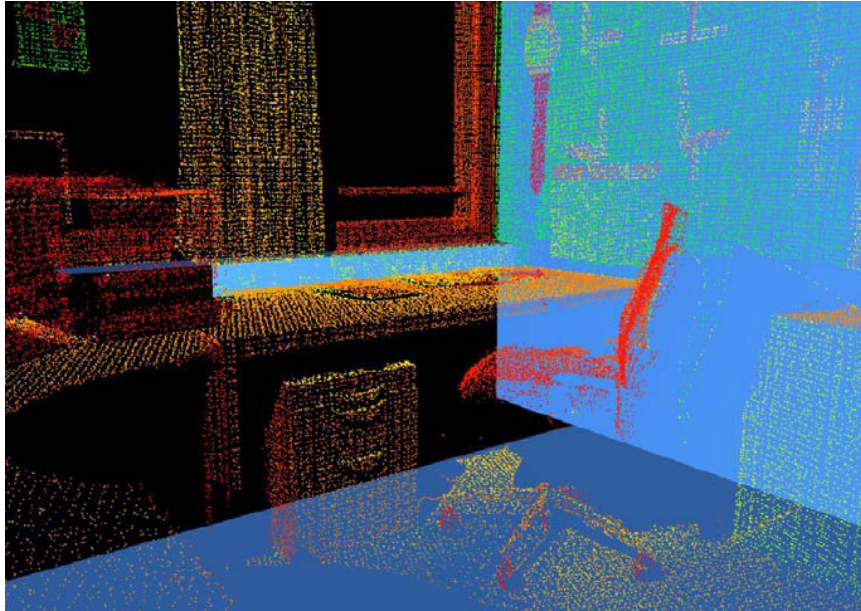


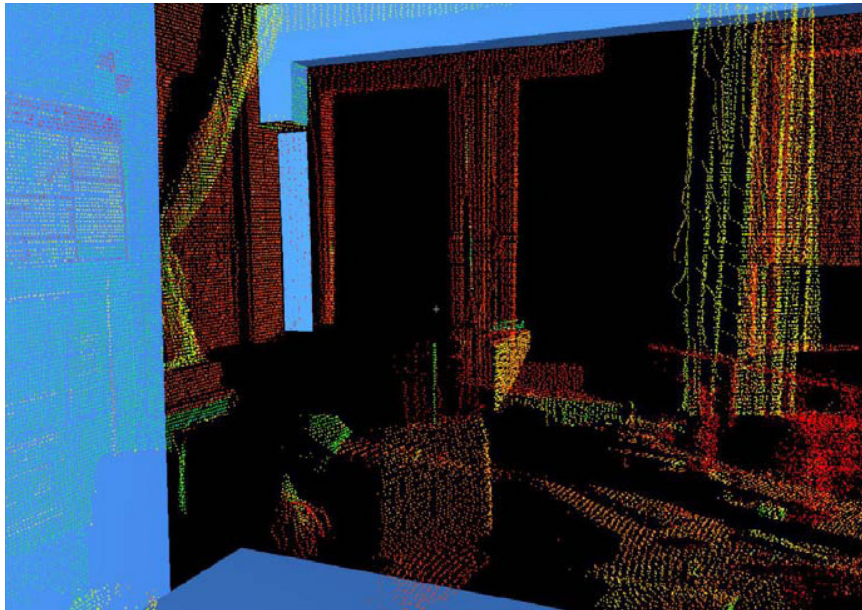
Abb. 5.3.2.3-02:  
Erzeugung „ausgemittelter“  
Oberflächen + Verschneidung

Weiter können die Ebenen der Trennwand, der Außenwand und des Fußbodens zur Verschneidung gebracht werden, so dass auch der im Scan verdeckt Eckpunkt an dieser Stelle exakt abgeleitet werden kann.

Die Ermittlung der raumbegrenzenden Flächen auf diese Weise kommt einer späteren CAD-Bearbeitung insofern zu Gute, dass beispielsweise Kante „Boden-Wand“ oder Eckpunkt ohne Berücksichtigung einer aufgeklebten Sockelleiste generiert werden. Diese würde bei tachymetrischem Aufmaß dagegen als Eckpunkt erfasst werden, so dass der Eckpunkt unten vom ebenfalls tachymetrischen erfassten Eckpunkt an der Decke um die Stärke der Sockelleiste verschoben wäre. Dies entspricht zwar der Realität, aber nicht dem Ziel der räumlichen Erfassung für eine weitere Planung im CAD (Sockelleiste unbedeutend).

Alle geometrisch relevanten Raumbereiche werden so durch Flächen bzw. geometrische Primitive abgebildet. Das nachfolgende Beispiel zeigt deutlich, wie die in Flächen umgewandelte Punktanhäufung auf der Stirnseite eines Unterzuges an der Außenwand (hellblau) und derjenigen auf der Innenfläche des Unterzuges (etwas dunkleres hellblau) bereits den geometrischen Körper erahnen lassen.



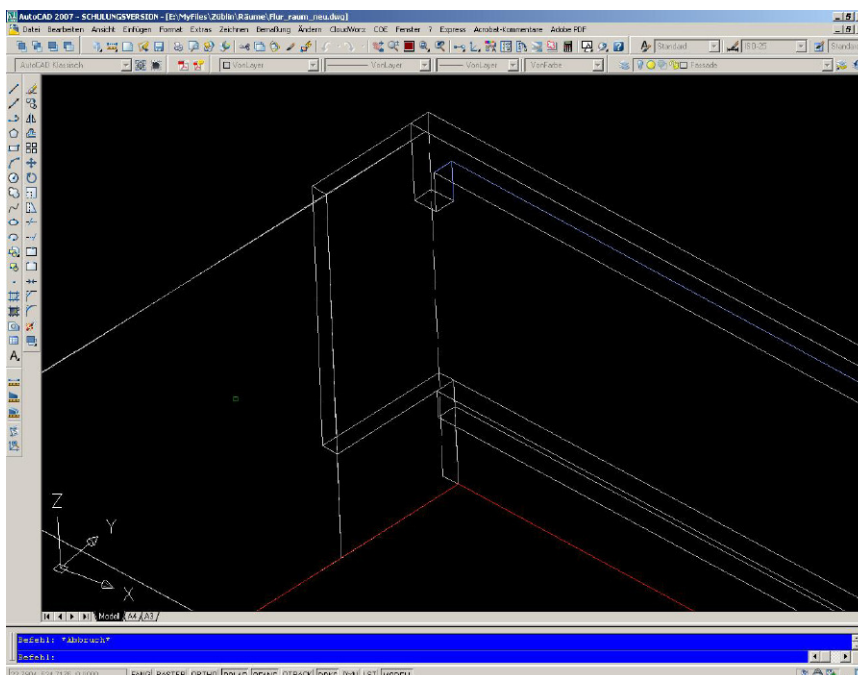


*Abb. 5.3.2.3-03:  
Ableitung geometrischer Körper aus  
den Begrenzungsflächen*

Das Generieren dieser Flächen bringt dabei folgende Vorteile:

- eindeutige, plane Flächen zur Weiterverarbeitung im CAD-System
- Generieren von „scharfen“ geometrischen Kanten und Schnittpunkten – auch über Verschattungen durch störende Objekte hinweg
- Ausfiltern der nicht zur Ermittlung der Raumgeometrie benötigten Punkte (Einrichtung, Möbel, Vorhänge, Teppichleisten, ...)

→ Daraus ergibt sich eine wesentlich reduzierte und dem Auswertungsziel angepasste Datenmenge, die nunmehr zur Weiterverarbeitung in ein CAD-System importiert werden kann.



Import der Daten aus dem  
Bearbeitungsprogramm  
„Cyclone“ in ein CAD-  
System (hier: AutoCAD)

Darstellung der Geometrie  
als Drahtgittermodell

*Abb. 5.3.2.3-04:  
Umwandlung der gescannten Flächen  
in ein CAD-Drahtgittermodell*



Der im CAD als Drahtgittermodell importierte Datensatz stellt noch keine echten 3D-Körper dar, sondern fügt als sogenanntes 2,5D-Modell lediglich zweidimensionale Flächen in einem dreidimensionalen Raum zusammen.

Auf dieser Basis können durch das Aufbringen von Texturen auf die Flächen (sogenanntes „Mapping“) bereits sehr schnell anspruchsvolle 3D-Grafiken und Visualisierungen des Gebäudes erfolgen.

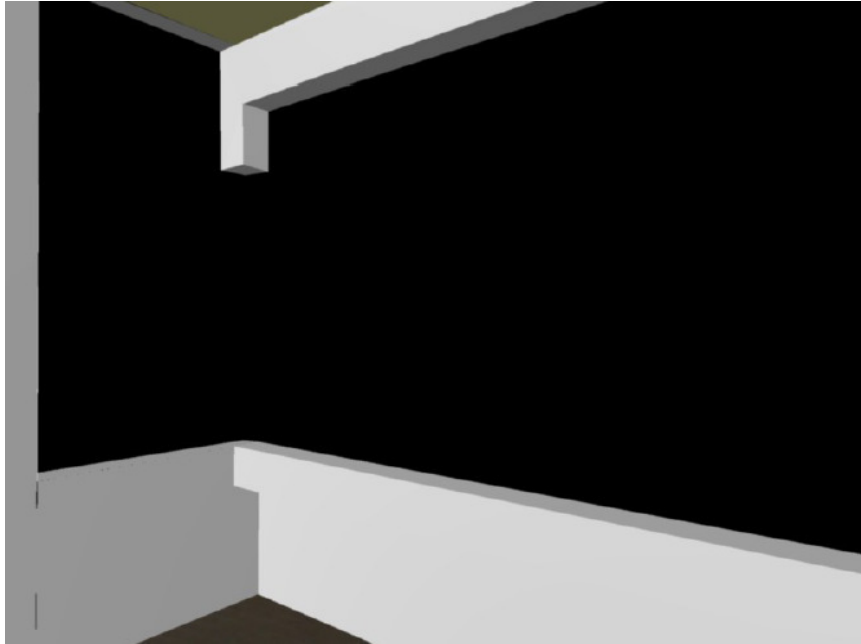
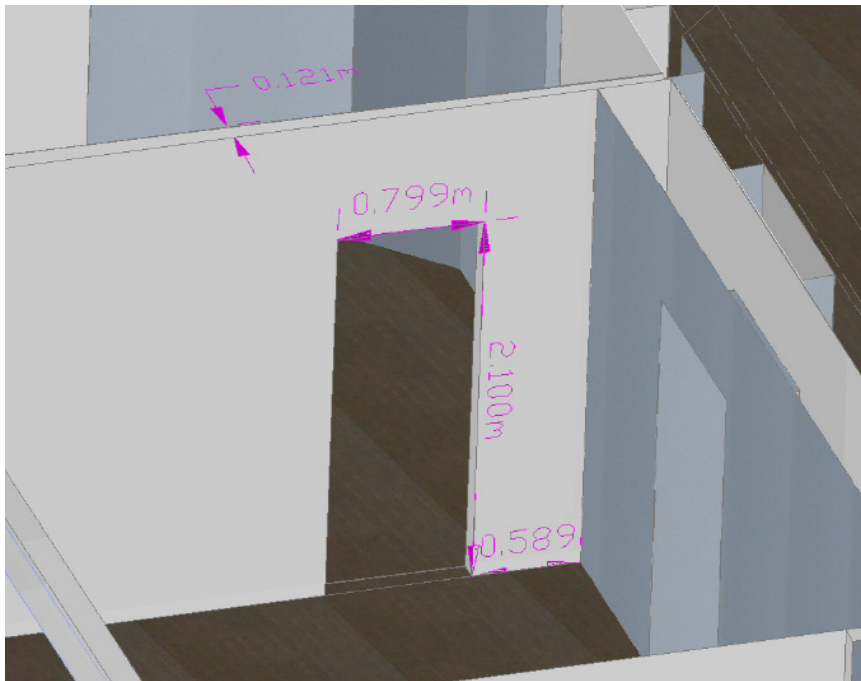


Abb. 5.3.2.3-05:  
Bearbeiten des Flächenmodells in  
CAD / Mapping

Ferner ist ein direktes Abgreifen von Maßen an jeder Stelle des Gebäudes im 2,5D-Modell möglich:



Abgreifen von Raummaßen,  
Stärken der Wand-  
konstruktion, ... etc. an jeder  
Stelle des Gebäudes.

Gut sichtbar: Die  
„scheinbaren Wandkörper“  
sind innen hohl und  
bestehen aus  
zusammengefügt Flächen

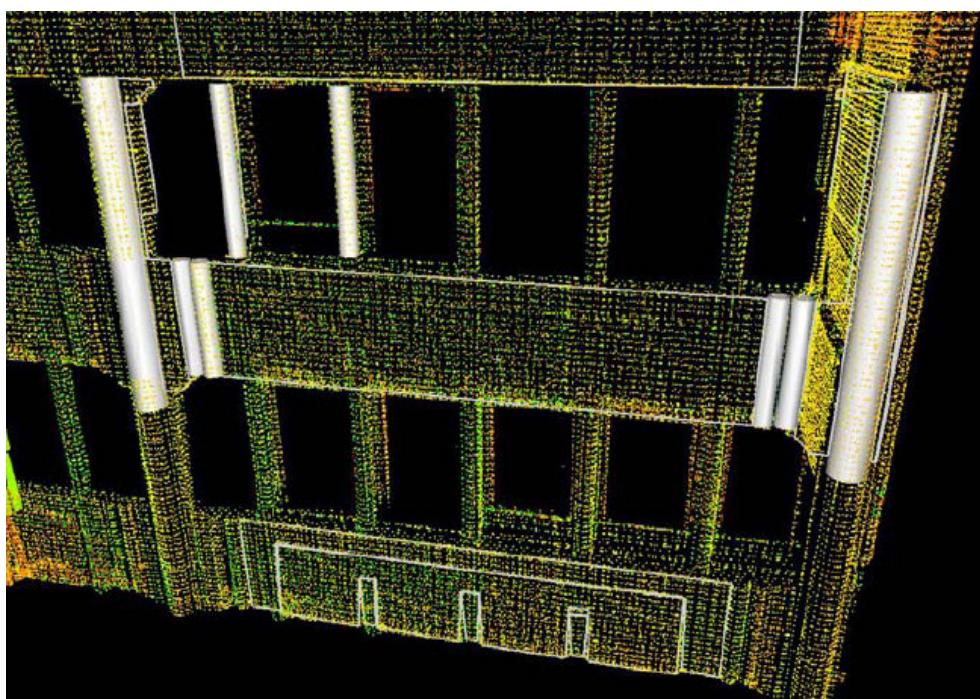
Abb. 5.3.2.3-06:  
Vermaßung + Weiterverarbeitung des  
CAD-Modells als  
Planungsgrundlage

Analog zur Vorgehensweise bei Innenräumen mit vorwiegendem Generieren von „Flächen“ können auch geometrische Primitive (einfache Raumkörper – wie Zylinder, Kuben, ...) in der Software Cyclone erstellt und ins CAD übergeben werden. Dies wird am Beispiel der nachfolgenden Fassadenmodellierung deutlich:



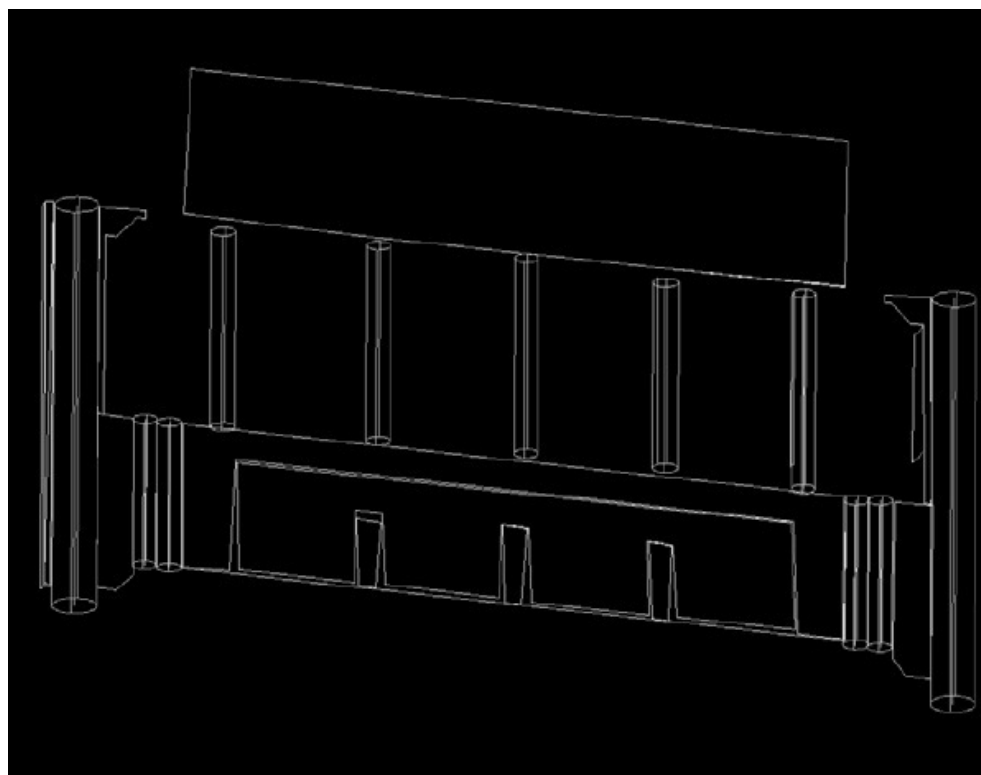
1. Foto der stark strukturierten Außenfassade

*Abb. 5.3.2.3-07:  
Foto: Westfassade zum  
Innenhof, B-Block*



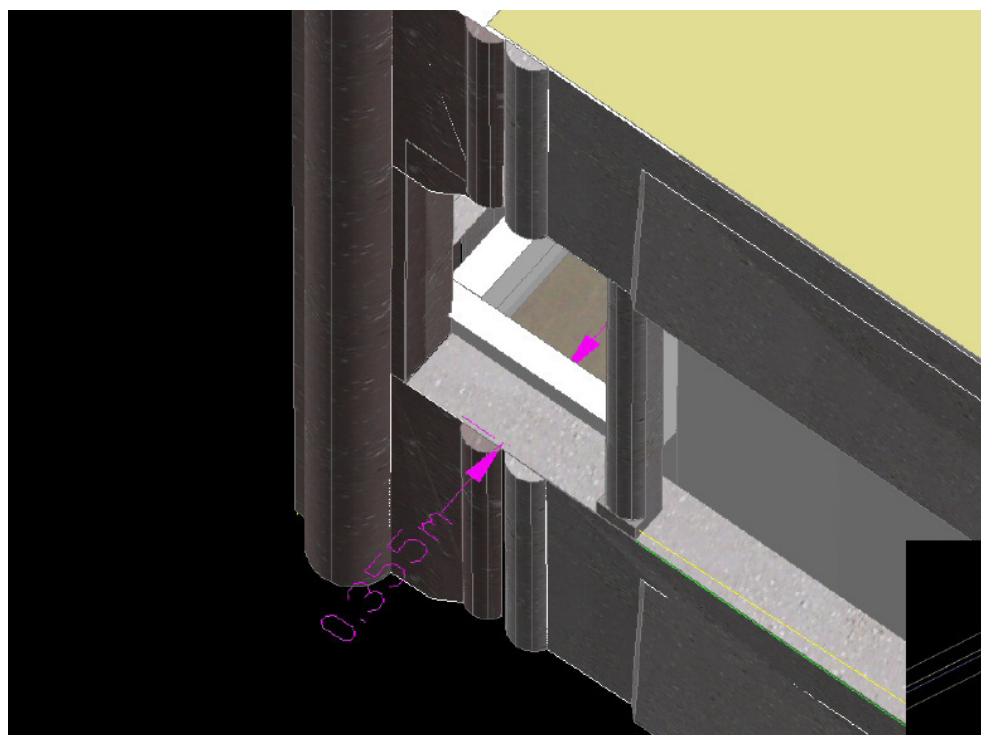
2. In der bereinigte Punktwolke werden mit der Software „Cyclone“ geometrische Primitive erzeugt

*Abb. 5.3.2.3-08:  
Punktwolke Westfassade  
mit abgeleiteten  
„geo-metrischen  
Primitiven“*



3. Diese Flächen /  
Volumenhüllen  
werden in CAD  
importiert und als  
Drahtgittermodell  
weiter bearbeitet

Abb. 5.3.2.3-09:  
Import einfacher Körper in  
CAD als  
Drahtgittermodell



4. Das 2,5D-  
Modell kann  
mittels „Mapping“  
fotorealistisch  
dargestellt werden.  
Maße können an  
jeder beliebigen  
Stelle abgegriffen  
werden.

Abb. 5.3.2.3-10:  
Bearbeitung in CAD:  
Mapping, Vermaßen  
etc.



Erstellen von Volumenmodellen + 5D-Modell

Die vorgenannten 2,5D-Modelle sind geeignet, das Gebäude in seiner Gesamtheit dreidimensional zu visualisieren. Schneidet man diese Modelle jedoch, so wird deutlich, dass sie nicht aus einzelnen Körpern oder Bauteilschichten bestehen, sondern dass sie in den Bauteilen „hohl“ sind – und die Oberflächen lediglich Begrenzungsflächen darstellen.

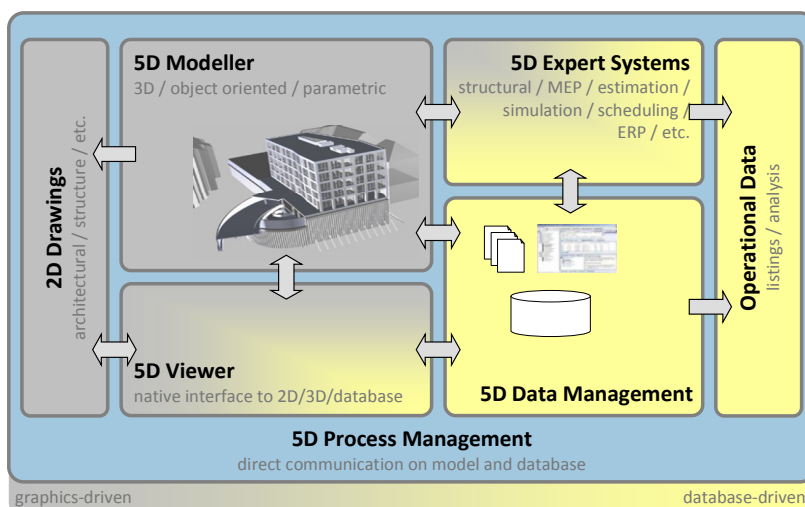
Zur tatsächlichen Simulation von Bauabläufen, energetischen Szenarien oder bauphysikalischen Randbedingungen ist es erforderlich ein Gebäude in den prägnanten Bauteilen aus echten Körper dreidimensional zu konstruieren, denen dann wiederum eine Vielzahl von bauteilspezifischen Attributen – wie z.B. Materialkennwerte, Wärmeleitgruppe, Schalldämmwert, Festigkeit, ... etc. - zugeordnet werden können.

Auf diese Weise ist es möglich an jeder Stelle des Gebäudemodells einen Schnitt zu legen, Details herauszugreifen und zu verfeinern, realistische Ansichten zu generieren bzw. das Gebäude zu „durchschreiten“.

Die Verknüpfung des räumlichen Bauteils (3D) mit den Dimensionen „Zeit“ und „bauteilspezifischen Attributen“ (Zuordnung beliebiger Datenwerte) bildet die Grundlage für ein „5D-Modell“ des Gebäudes und zur Abbildung des gesamten Bauprozesses.

Die zuvor in einer Datenbank zugewiesenen Materialkennwerte können nun an jedem Bauteil abgegriffen und weiterverarbeitet werden. Insbesondere ist es möglich, verschiedene Simulationsrechnungen zum Gebäude automatisiert ablaufen zu lassen, bzw. deren Ergebnisse – nach Veränderung einzelner Parameter – als Varianten miteinander zu vergleichen.

So können Energieverbrauchsrechnungen bei unterschiedlichen Fassadengestaltungen bzw. –materialien gegenübergestellt werden, um die Varianten hinsichtlich energetischer Qualitäten zu vergleichen. Ergänzend lassen sich z.B. die Umgebungsbedingungen bzgl. Schallimmission oder Tageslichteinfall vergleichen, so dass sich Optimierungspotenziale unter Berücksichtigung der einzelnen Schwerpunkte sehr frühzeitig in Simulationsprozessen erkennen lassen.



→ s. auch separater Bericht  
 „5D @ REG“

Abb. 5.3.2.3-01:  
 Systemarchitektur „5D“ –  
 als Gesamtbild

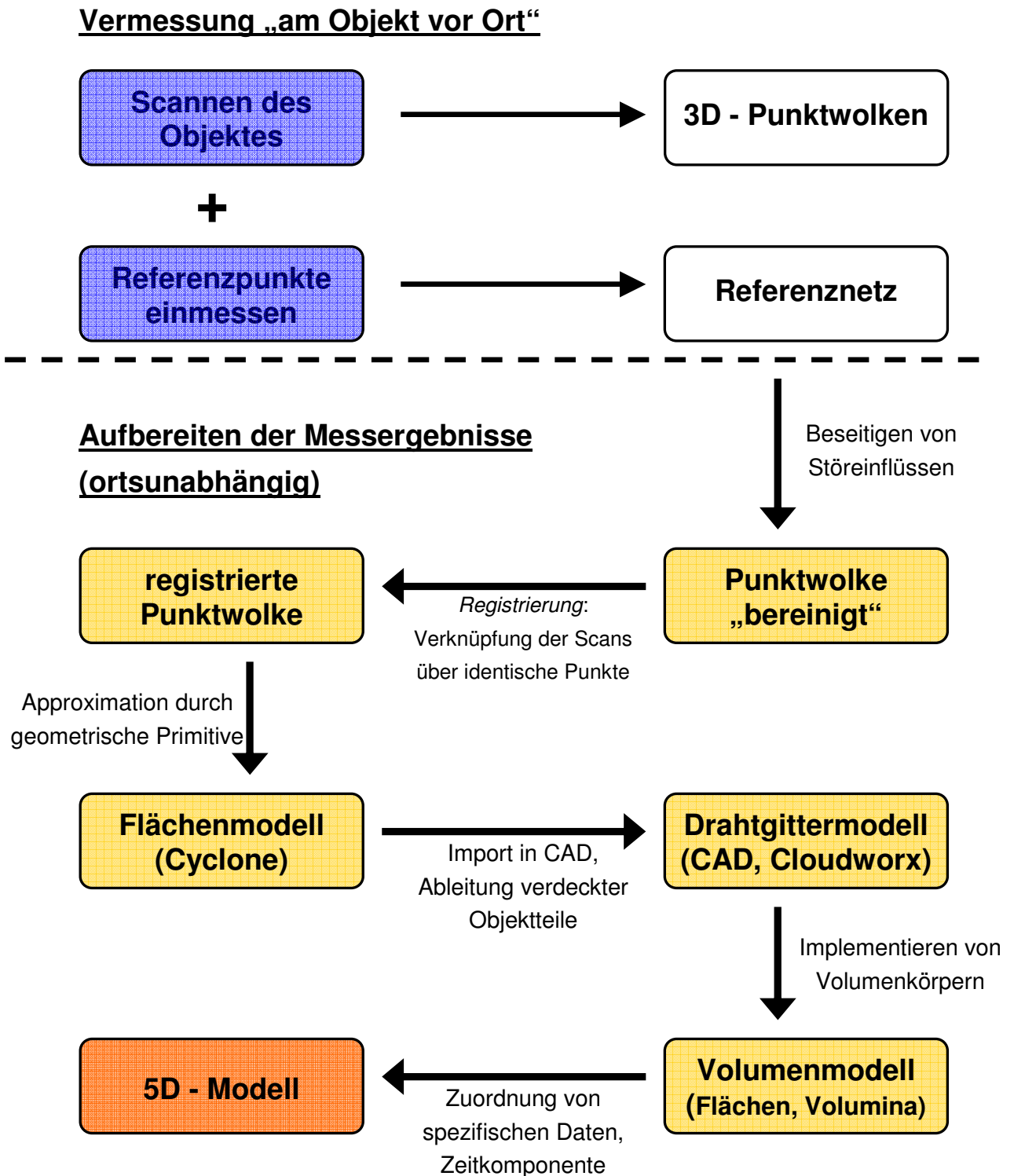


Abb. 5.3.2.3-02: Ablaufschema: Vom „Laserscan“ zum „5D-Modell“

#### 5.3.2.4 Ergebnisse der Vermessung

Als Ergebnis der eigentlichen **Vermessungsleistung vor Ort** stehen die einzelnen Punktwolken, die das Objekt von verschiedenen Standpunkten aus digital erfassen.

Im Zeitraum von 2 Tagen und mit einem personellen Aufwand von zwei – teilweise drei – Personen sind folgende Leistungen erbracht worden:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| ➤ Anzahl der Scans (innen + außen)              | 27                       |
| ➤ Auflösung der Fassade                         | 1,5 - 2,5 cm             |
| Innenräume                                      | 1,0 - 2,0 cm             |
| ➤ Genauigkeit der Registrierung                 | 0,5 ... 1,0 cm           |
| ➤ Zeitdauer (Referenznetz, Scans, Logistik ...) | 60 Stunden (mit 3 Pers.) |
| ➤ Punktzahl                                     | ca. 60 Millionen Punkte  |
| ➤ Datenmenge                                    | ca. 1,3 GigaByte         |

Mit diesen „Vorergebnissen“ - in Verbindung mit einem eigens angelegten Referenznetz – ist der Einsatz vor Ort

- in **sehr kurzer Einsatzzeit am Objekt** (Störungen Nutzer minimiert), und
- mit einem **Überfluss an Daten** (Erfordernis der Nachmessung sehr unwahrscheinlich)

abgeschlossen.

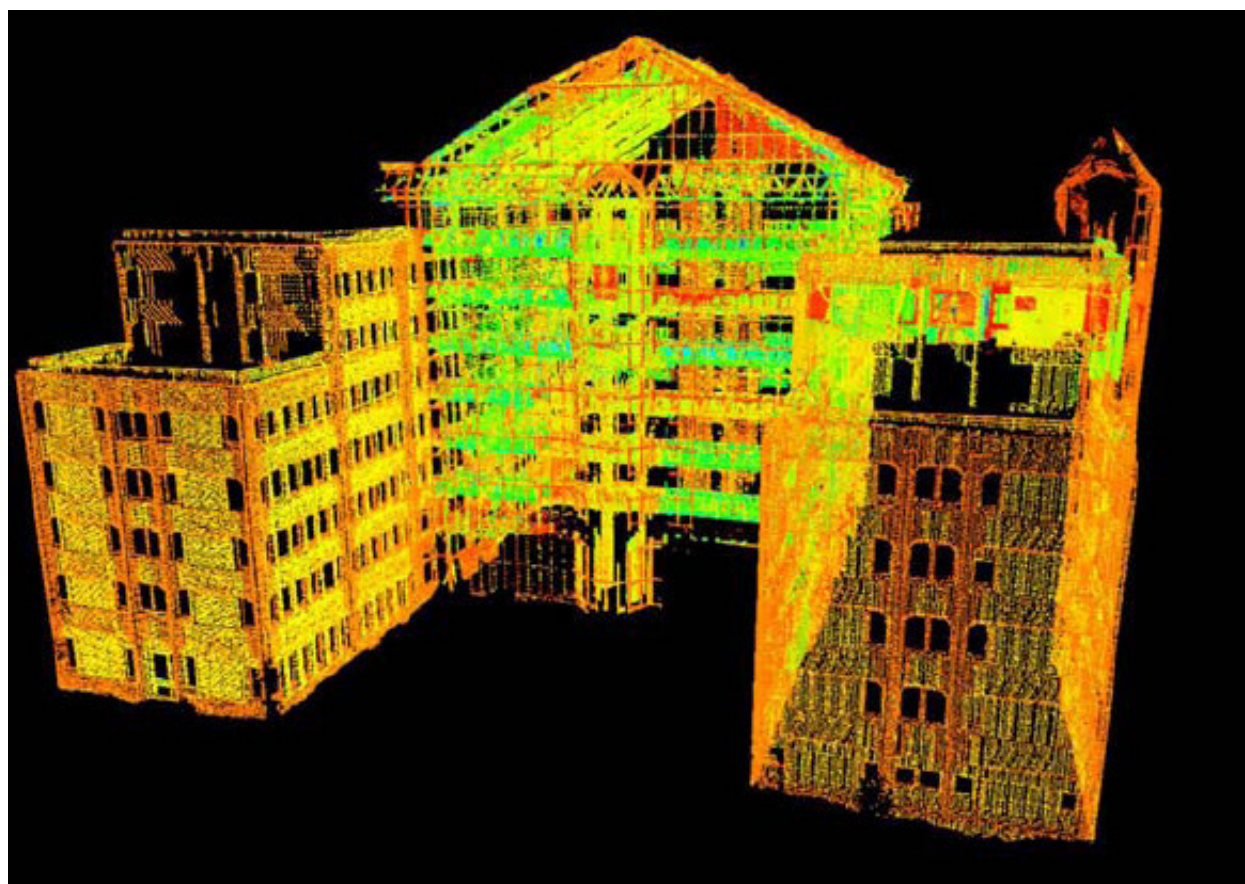
Im Hinblick auf die praxisorientierte Zuordnung der weiteren Tätigkeiten zu einzelnen Leistungsprofilen wird die weitere Bearbeitung unterschieden in:

1. Liefern der Vermessungsergebnisse inkl. **Bereinigen / Bearbeiten der Punktwolke**
2. Ableiten von Gebäudemodellen (2,5D- / 3D-Modelle → **CAD-Bearbeitung**)
3. Aufbau eines Gebäudemodells mit Datenverknüpfung (**5D-Modell** → intern)

### Ergebnisse der vermessungstechnischen Bearbeitung

Die aus den 27 Gebäudescans generierten Punktwolken wurden vom Institut für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn zunächst „bereinigt“. Ein Vermessungsingenieur benötigte hierfür in Summe **50 Stunden**.

Über die vorhandenen Passpunkte wurden die 27 Punktwolken dann in das eigens erstellte Referenznetz konvertiert (Aufwand **8 Stunden**), so dass als Ergebnis der vermessungstechnischen Leistung die „registrierte Punktwolke“ des vermessenen Gebäudes steht.



*Abb. 5.3.2.4-01: Registrierte Punktwolke „Züblin-Haus“ – als Verknüpfung von 27 Einzelscans*

In dieser dreidimensionalen Punktansammlung können bereits Maße abgegriffen werden, man kann in die Gebäudegeometrie „eintauchen“, Detailmaße bestimmen oder es als vereinfachte 3D-Grafik heranziehen.

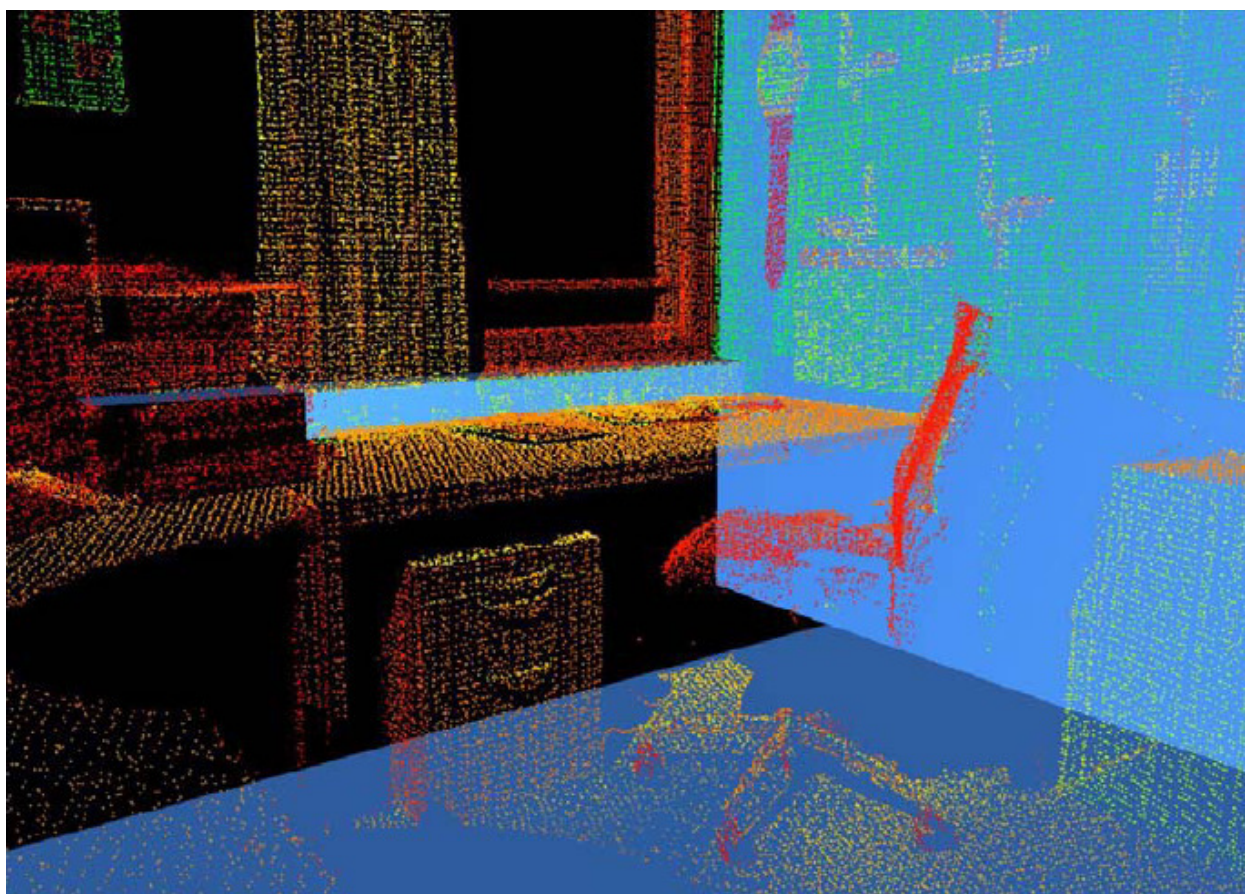
Die registrierte Punktwolke stellt als Ergebnis eine geordnete und bereinigte Vielzahl von aufgemessenen Einzelpunkten dar und bildet als Produkt der lokalen Vermessungsarbeit und der anschließenden Verknüpfung / Bereinigung der Punktwolken den Abschluss der eigentlichen Vermessungsleistung.



### Ergebnisse der CAD-Bearbeitung

Die CAD-Modellierung bzw. Approximation von Flächen aus der Punktwolke wurde exemplarisch sowohl für den Innenraum, als auch für den Fassadenbereich durchgeführt.

Gerade im Innenbereich lassen sich Wand-, Boden- oder Deckenflächen aus der Punktwolke automatisch in der Leica-Software „Cyclone“ generieren. Die nicht erfassten – weil durch Mobiliar o.ä. verdeckten – Flächenteile lassen sich dadurch ergänzen und zur Verschneidung bringen, wodurch Raumkanten und Eckpunkte präzise ableitbar sind.



*Abb. 5.3.2.4-01: Ableitung von „ausgemittelten“ Oberflächen aus definierten Punktansammlungen*

Nach Approximation der Punktwolke durch geometrische Primitive (Aufwand: **30 Stunden** – bezogen auf vier Räume + einen Teil des Flures) werden die aus der Punktwolke abgeleiteten – und datenmäßig erheblich reduzierten - Räume in ein CAD-System importiert, wo sie als Abbild der gebauten Objektgeometrie die Grundlage für die weitere planerische Bearbeitung im computerunterstützten Planungsprozess bilden.



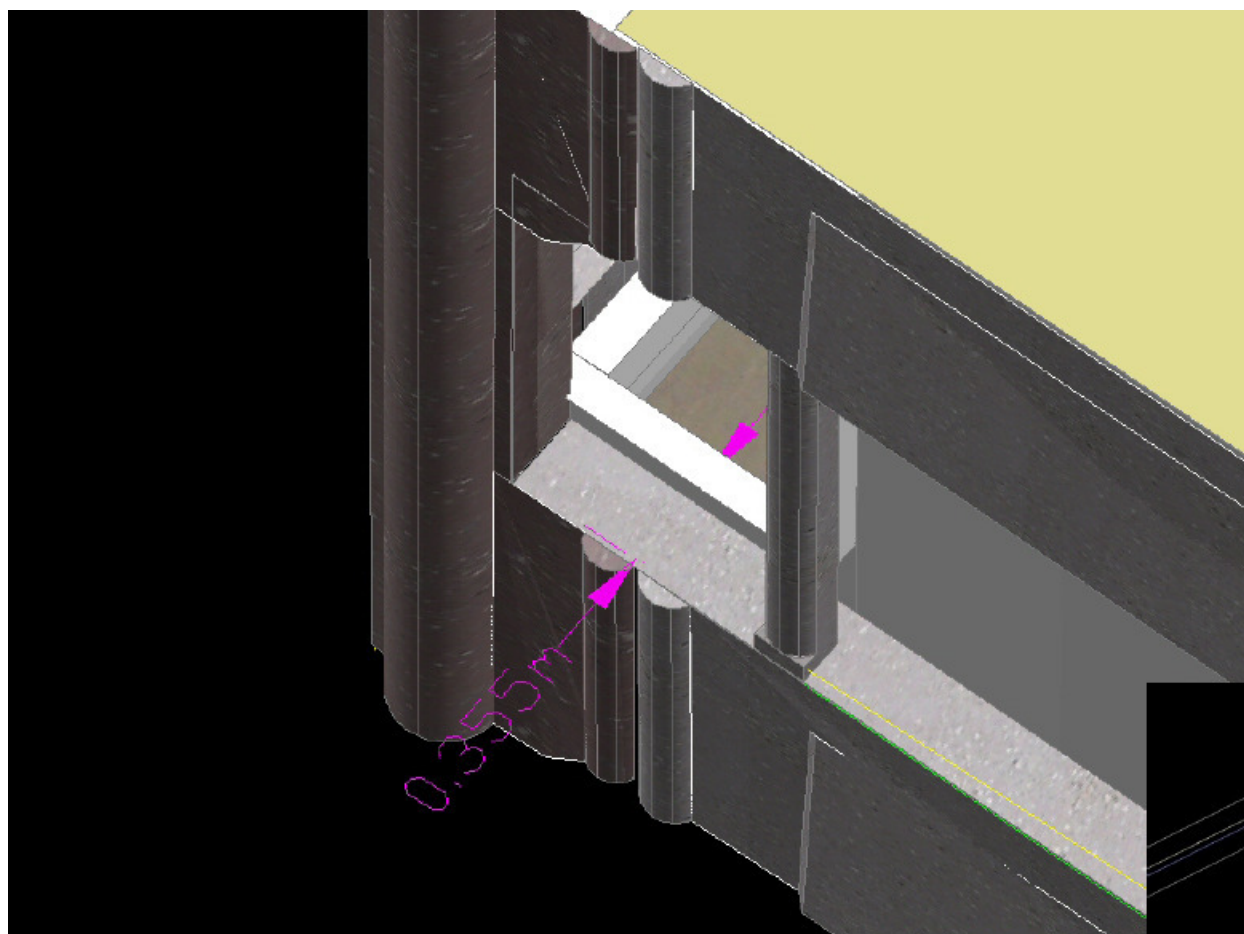


Abb. 5.3.2.4-02: Ergebnis – Import + umfassende Weiterverarbeitung der gescannten Flächen in CAD

Der Aufwand für den Import ins CAD sowie die Konstruktion der verdeckten Geometrien (2,5D-Modell: ~80 Std.) und die Modellierung mit Texturen (~25 Std.) betrug in Summe **105 Stunden**.

### 5.3.3 Auswertung der Ergebnisse

#### 5.3.3.1 Aufwendungen – Vergleich mit tachymetrischen Verfahren

Das Laserscanning muss sich dem heute üblichen Vermessungsverfahren der Tachymetrie stellen, welches nur die raum- oder gebäudebezogenen „Eckpunkte“ selektiv vermisst – somit deutlich weniger Einzelpunkte generiert – und aus diesen die Raumgeometrie ableitet.

Die Erstellung eines Referenznetzes ist bei beiden Verfahren erforderlich.

Die im konkreten Fall beim Laserscanning benötigten Aufwandswerte sind nachstehend auf einzelne Bereiche heruntergebrochen und bzgl. Tachymetrie den Erfahrungswerten des Instituts für Geodäsie und Geoinformation der Universität Bonn gegenübergestellt:

|   | Laserscanning<br>(Std.) | Tachymetrie<br>(Std.) | Bemerkung             | Verhältnis<br>Laser/Tach. |
|---|-------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| <b>Referenznetz</b> anlegen   | 15                      | 15                    | Arbeiten "vor Ort"    | 100%                      |
| <b>Laserscanning Fassade</b><br>(Außenfassade, Innenhof)  | 35                      | 120                   | Arbeiten "vor Ort" ** | 29%                       |
| <b>Laserscanning Innen</b><br>(8 Innenräume + Fluranteil)   | 3                       | 8                     | Arbeiten "vor Ort"    | 38%                       |
| <b>Logistik&amp;Sonstiges</b><br>(Auf- u. Abbau von Stativen, Zielzeichen u.a. Instrumenten im Messablauf, Aufnahmen von Einzelmaßen, Fotos, Geräteabbau u. Lagerung, etc.) | 7                       | 5                     | Arbeiten "vor Ort"    | 140%                      |
| <b>Zwischensumme "Außendienst"</b>  | <b>60</b>               | <b>148</b>            |                       | <b>41%</b>                |
| Registrierung Punktwolke<br>(Referenznetz)  | 8                       | 2                     | Innendienst           | 400%                      |
| Bereinigung Punktwolke  | 50                      | 0                     | Innendienst           | ~                         |
|   | 58                      | 2                     |                       | 2900%                     |
| Approximation Punktwolke durch<br>geometr. Primitive  | 30                      | 0                     | Innendienst           | ~                         |
| Import in CAD - Konstruktion<br>(verdeckter) Objekte<br>(Gitternetzlinienmodell)  | 80                      | 155                   | Innendienst           | 52%                       |
| Modellierung mit Texturen   | 25                      | 25                    | Innendienst           | 100%                      |
|   | 105                     | 180                   |                       | 58%                       |
| <b>Zwischensumme "Innendienst"</b>  | <b>193</b>              | <b>182</b>            |                       | <b>106%</b>               |
| <b><u>Summe Gesamt</u></b>  | <b>253</b>              | <b>330</b>            |                       | <b>77%</b>                |

\*\* Zeitdauer für tachymetr. Aufmessen jedes einzelnen Fassadenblocks - in der Praxis würde man exemplarisch einzelne Blocks an der jeweiligen Wand aufmessen und baugleiche Elemente bei der Auswertung kopieren. Danach käme man auf ca. 30-40 Std. (allerdings nicht so detailgetreu wie beim Laserscanning)

Abb. 5.3.3.1-01: Aufwandsvergleich „Laserscanning ↔ Tachymetrie“

### 5.3.3.2 IST-Punktwolke ← → virtuelles 3D-Modell

Das Ergebnis des Laserscannings ist die „registrierte Punktwolke“ als reelles Abbild der tatsächlichen, örtlichen Gegebenheit - wobei die einzelnen Punkte über die gemessenen geodätischen Koordinaten digital per EDV weiter verarbeitet werden können.

Im Gegensatz hierzu lassen sich den vorhandene Plänen zum Bestand (in der Regel aus der Bauphase) die Gebäude per CAD nachzeichnen, 3D-Elemente generieren, und das Gebäude „virtuell“ konstruieren. Dabei entsteht ein virtuelles Gebäude, das auf Annahmen beruht (hier: Konstruktionszeichnungen, ... - welche es schon gab bevor das Gebäude existierte), nicht jedoch auf der gebauten Realität.



Abb. 5.3.3.2-01:  
Foto „Fassade-Innenhof“, B-Block

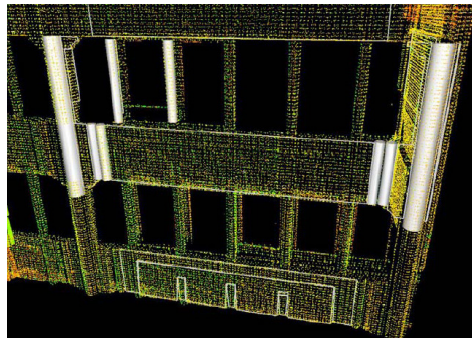


Abb. 5.3.3.2-02:  
Punktwolke als „reelles Abbild“ mit  
Ableitung „geometrischer  
Primitive“

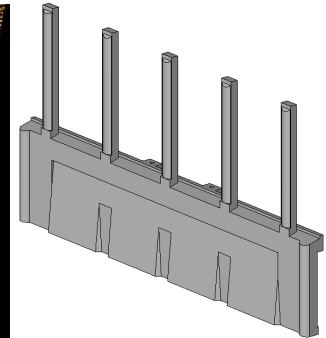


Abb. 5.3.3.2-03:  
virtuell konstruiertes  
Brüstungselement

Punktwolke und virtuelles Gebäudemodell können in CAD übereinander gelegt und miteinander verglichen werden (SOLL – IST – Vergleich), so dass Winkelabweichungen, Schiefstellungen, Setzungen, Verformungen oder andere Abweichungen frühzeitig festgestellt werden können.

In der Praxis ist ebenfalls denkbar, ein komplexes Bauteil geometrisch per Laserscan zu erfassen, zu modellieren, als „Baustein“ in CAD zu importieren und zur virtuellen Konstruktion zu vervielfältigen. Je nach Aufgabenstellung lassen sich so die Vorteile der realitätsgetreuen Bestandserfassung komplexer Strukturen mit den effizienten Verfahren „virtueller Konstruktion“ kombinieren.

### 5.3.3.3 Bewertung der Nutzbarkeit

Neben der Betrachtung der personellen Aufwendungen in ihrer Gesamtheit bietet die Vermessung eines Gebäudes mittels 3D-Laserscanning folgende herausragenden Vorteile:

1. Die Gebäudegeometrie wird in ihrer tatsächlichen Form detailgetreu abgebildet. Krümmungen, Winkelabweichungen oder Unebenheiten / Verformungen werden schnell und exakt erfasst. Komplexe Raumformen wie Kuppelgewölbe, asymmetrische Konstruktionen o.ä. werden verformungsgetreu aufgemessen und sind in der späteren Nachbearbeitung auswertbar.

→ **Hohe Nutzbarkeit bei Bestandsgebäuden – insbesondere bei komplexen Gebäudeformen / nicht rechteckig erstellten Raumstrukturen**

2. Fassadenflächen werden schnell und aus großer Entfernung detailgetreu aufgemessen. Moderne Scanner können komplexe Fassadenstrukturen mit bis zu 1 Million Punkten pro Sekunde und Messgenauigkeiten von wenigen Millimetern erfassen. Hindernisse (Bäume, Bauteile, ...) werden durch die Vermessung von mehreren Stellen und Verknüpfung über das Referenznetz umgangen. Komplexe Strukturen, die per Laserscanning schnell erfasst werden, können mit herkömmlichen Messverfahren nur mit enormem Aufwand vermessen werden. Dabei können detaillierte Masse bereits in der Punktwolke abgegriffen werden.

Die gemessenen Werte der Reflexion ermöglichen bereits eine direkte räumliche Darstellung in der Punktwolke. Durch die Kombination mit Fotos sind Visualisierungen schnell – und ohne CAD-Bearbeitung – möglich.

→ **Die Punktwolke dient bereits als „Vorab-Modell“, aus dem an jeder Stelle detaillierte Masse abgegriffen werden können**

→ **Visualisierung des Gebäudes in früher Projektphase (Entwurf, Verkauf) detailgetreu möglich**

3. Möblierte Innenräume werden schnell + mit geringer Belästigung für die Nutzer erfasst. Die für die Raumgeometrie unerlässlichen Raum-Eckpunkte können – sofern sie durch Möbel verstellt sind – anhand der Begrenzungsflächen (Wände, Decken, Boden) hergeleitet werden. Ein Ausräumen der Möbel ist nicht erforderlich. Der Zeitaufwand pro Raum, in denen der Nutzer diesen verlassen muss, beträgt nur wenige Minuten.

→ **Optimal bei Vermessung von z.B. Büro- / Produktionsgebäuden „im laufenden Betrieb“ → kein Ausräumen der Möbel notwendig + sehr kurze Aufmasszeit**

4. Überfluss an Punkten durch den Laserscanner – ALLES wird erfasst.  
Bei herkömmlichen Vermessungsmethoden muss der Vermesser sein Aufmass genau auf das gewünschte Ergebnis abstimmen. Ist der Messeinsatz nicht exakt geplant und vorbereitet bzw. fehlt am Ende der Messung ein relevanter Punkt, muss eine erneuter Ortstermin zur Nachmessung gemacht werden.

Der Laserscanner dagegen misst ALLES „wahllos“ auf, und erzeugt damit einerseits einen enormen Überfluss an Datenpunkten. Andererseits ist die Gefahr, einen Punkt „zu vergessen“ sehr gering. In der Praxis kommt es aus diesem Grund so gut wie nie zu Nachmessungen.

Ferner ist der Kunde in der Lage, die Ziele des Aufmasses im Nachhinein zu ändern bzw. zu erweitern. Denn ist das Gebäude erst mal „im Kasten“, können alle Möglichkeiten (Ansichten, Raummodell, Visualisierung, Detailauswertung, ...) auf dieser Basis realisiert werden.

**→ Erweiterung der Aufmassziele im Nachhinein – auf Grundlage des Überflusses an Datenpunkten – und ohne Nachmessung**

5. Die Punktwolke wird in CAD-Programme als Grundlage zur weiteren Planung überführt.  
Im Gegensatz zu den herkömmlichen Messverfahren kann die dreidimensionale Punktwolke direkt bearbeitet und als Basis einer weiteren Entwurfs- oder Ausführungsplanung in CAD-Programme eingelesen werden. Auch wenn der personelle Bearbeitungsaufwand derzeit noch hoch ist, liefert die Punktwolke die Möglichkeit einer durchgängigen digitalen Datenverarbeitung in 3D - vom Aufmass bis zur 5D-Planung und in die Produktionsprozesse (CNC-Fräsungen, Schalungsbau, ...etc.) hinein.

**→ Durchgängige Prozessketten von der IST-Bestandsaufnahme in 3D → über die Planung → bis zur Produktion von Bauteilen**

### **5.3.4 Synergieeffekte / Ausblick in die Zukunft**

#### **5.3.4.1 Automatisierte Schnittstellen → CAD**

Die Übergabe der Informationen aus der Punktwolke in CAD-Systeme als 3D-Modell erfolgt derzeit noch unter eine Vielzahl von händisch zu steuernden Zwischenschritten.

So kann die gängige Software zwar bereits Ebenen aus Punktansammlungen generieren. Diese müssen dem System jedoch vom Bediener explizit zugewiesen und gegebenenfalls nachbearbeitet werden (verlängert, verkürzt, verschnitten, ...), was personell zeitaufwendig und damit kostenintensiv ist.

Die verstärkte Nutzung des 3D-Laserscannings wird jedoch auch die Programmentwicklung fördern, so dass in den nächsten Jahren mit der Entwicklung anwendungsfreundlicher Algorithmen zur rechnen ist, welche die schnelle und automatisierte Überführung der Punktwolken in Raumflächen – bzw. in sich hieraus zusammensetzende Raumkörper – möglich machen.

Die Nutzung dieser im Planungstool CAD enthaltenen Informationen für weitere automatisierte Produktionsprozesse ist die konsequente Fortsetzung des Datenflusses in den Bauprozess. So können beispielsweise profilierte Bestandsfassaden detailgetreu als Punktwolke erfasst, die Daten in ein CAD-System überführt und nachfolgend für die Herstellung von vorgefertigten Fassaden-Dämmplatten genutzt werden. Nach Montage der aufgetragenen Dämmung stellt sich räumlich wieder das exakt gleiche Erscheinungsbild der Bestandsfassade mit sämtlichen Profilierungen, Vorsprüngen bzw. bewusst erhaltenen „Schiefwinklichkeiten“ dar.

#### **5.3.4.2 Werkzeug zur Mengenauswertung / Abrechnung**

Sobald der noch hohe Zeitaufwand zur Übertragung der Scan-Daten in ein CAD-Modell wegfällt, kann das Bestandsgebäude nach dem Scannen auch sehr schnell hinsichtlich der Auswertung einzelner Flächen oder Volumina genutzt werden. Diese Daten können die Grundlage für Mengenvordersätze bei Ausschreibungen von zu erbringenden – aber auch zur Abrechnung von erbrachten Leistungen sein.

Ein Gebäudescan zu Beginn eines Bauvorhabens bringt damit die Synergie, die Bestandsdaten sowohl als Grundlage der Planung, als auch zur Ausschreibung der baulichen Leistungen zu nutzen.

In gleicher Weise können die Mengen ausgeführter Leistungen ermittelt werden und Revisionspläne erstellt bzw. mit den Ausführungsplänen abgeglichen werden.



### 5.3.4.3 Überwachung / Qualitätskontrolle / Dokumentation

Für die Qualitätsüberwachung bei der Herstellung mehrfach gekrümmter Flächen (z.B. Steilkurven im Fahrbahnbau, ...) wird das Laserscanning bereits erfolgreich angewendet.

Auch die Nutzung im Bauwesen zur Kontrolle von Flächenebenenheiten, Winkeltoleranzen oder Oberflächenstrukturen – sowohl während des Herstellungsprozesses (Qualitätskontrolle + Möglichkeit der gezielten Nachjustierung), als auch bei Abschluss der Bauleistung (z.B. Abnahme) wird sicherlich Anwendung finden, sofern die Kosten hierfür im Laufe der Entwicklung reduziert werden.

Ferner sind vertragliche Schnittstellen – wie z.B. die Überprüfung und Dokumentation einer Vorleistung (z.B. Oberfläche ein Betondecke – als Vorleistung eines Estrichs bzw. einer Beschichtung) – schnell und präzise einzuschätzen und es kann bei Erfordernis gezielt an den notwendigen Stellen nachgebessert werden.

Auch „Momentaufnahmen“ der örtlichen Situation – wie dies bereits bei der kriminalpolizeilichen Dokumentation von Tatorten geschieht – können aufgrund der hohen Messgeschwindigkeiten schnell – und dennoch detailliert und dauerhaft dokumentiert werden.

Im Baugeschehen – bei dem in der Regel eine Vielzahl unterschiedlichster Firmen und Planer in Abhängigkeit voneinander agieren - kann dies zur Dokumentation eines konkreten Bauzustandes sinnvoll sein, und so z.B. als Tatsachennachweis im Rahmen von gestörten Bauabläufen dienen. Auch hier spricht die Tatsache, dass das Laserscanning ALLES einscannet – und nichts „vergisst“, für dessen Anwendung - während bei einer Fotodokumentation oft die „entscheidende Stelle im Raum“ gerade nicht festgehalten wurde.

### 5.3.5 Fazit

#### 5.3.5.1 Nutzung heute / Einsatz morgen / Perspektive übermorgen

Bei **komplexen Baustrukturen** (z.B. Fassaden) oder schiefwinkligen, unebenen oder gekrümmten Raumkörpern ist das 3D-Laserscanning bereits heute das Aufmassverfahren der Wahl. Ein tachymetrisches Aufmass – also die Vermessungen einer Vielzahl von Einzelpunkten - kann dies nicht bzw. nur unter sehr hohem Messaufwand leisten.

Aufgrund des relativ hohen Zeitaufwandes zur Nach-Bearbeitung der Punktwolke wird bei **herkömmlichen, rechtwinkligen Baustrukturen** auch zukünftig noch vorwiegend die tachymetrische Vermessung zum Einsatz kommen.

Dennoch bietet das 3D-Laserscanning bereits heute weitere, entscheidende Vorteile:

- schnelle und umfangreiche Erfassung der Bausubstanz
- Nutzung der Punktwolke als „Vorab-Modell“ bzw. zur Visualisierung möglich
- Nutzung der gleichen Datengrundlage – von der Vermessung bis zur Produktion

Es bietet daher gerade bei der Erfassung von in Nutzung befindlichen Bestandsgebäuden (schnelle, genaue Erfassung mit minimaler Störwirkung) bereits entscheidende Vorteile für Nutzer und Planer.

Die technische Weiterentwicklung in Zukunft – insbesondere die Vereinfachung und Automatisierung der Datenübergänge (von Punktwolke → ins CAD) wird die Technologie nachhaltig weiterentwickeln. Bereits heute werden Straßenzüge, Ort oder Landschaften automatisiert gescannt und als 3D-Abbild mit photorealistischen Bezügen in Computer-Anwendungen wie Google-Earth oder Navigationssysteme integriert.

Gleichzeitig entwickeln die Hersteller laseroptischer Scanner ihre Technik weiter. Das zum Aufmass des Züblin-Gebäudes eingesetzte Scan-Gerät für den Fassadenbereich (Leica HDS 4500) wurde zwischenzeitlich von seinem Nachfolgemodell Leica HDS 6000 abgelöst.

Damit ist ein Reichweitenvergrößerung von 53m auf 80m bei verbesserter Messgenauigkeit und einer Messgeschwindigkeit von bis zu 500.000 Punkten pro Sekunde gegeben.

Weiter werden die Geräte kompakter, mit integrierten Digitalkameras zum Aufmappen der Echt-Farben des Objektes versehen und sind über integrierte Festplatten zunehmend autark (ohne Laptop / Computer) zu betreiben, was eine erhöhte Anwendungsfreundlichkeit und gesteigerte Funktionalität mit sich bringt.

Die Geräte der „gestrigen Generation“ sind für einen Großteil der Standard-Anwendungen im Bauwesen ausreichend – und werden sowohl für professionelle Vermessungs-Dienstleister günstiger – aber auch für Bauunternehmungen in der Anschaffung interessant.

Diese Summe dieser Entwicklungen wird einen Schub in der Programmierung automatischer Datenschnittstellen nach sich ziehen, die es der Bauindustrie in den nächsten 5 – 10 Jahren möglich macht, das Verfahren bei nahezu allen Gebäudeaufmassen kostengünstig und effizient einzusetzen.

Der umfassende Einzug des Laserscannings ins Bauwesen – sowohl als exaktes Vermessungsinstrument, als auch als Datengrundlage für Planungs- und Bauprozesse – ist damit unweigerlich vorgezeichnet. Diese Entwicklung für die Belange der Bauprozesse mit zu beeinflussen wird Aufgabe derjenigen im Bauprozess Beteiligten sein, die bereit sind Ihre Planungs- und Bauprozesse innovativ an der Zukunft auszurichten und damit Vorreiter und Nutznießer dieses Entwicklungsprozesses sein werden.

Die verstärkt aufkommenden Sanierungsaufgaben infolge der Umrüstung des Gebäudebestandes in nachhaltige und „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen“ bieten für das Laserscanning die hierfür notwendige, praktische Einsatz- und Entwicklungsmöglichkeit.



### **5.3.6 Anlagen**

- |   |                 |
|---|-----------------|
| A. Fotodokumentation „Bestandserfassung“      | Seite 145 - 149 |
| B. eingesetzte Produkte / Produktdatenblätter | Seite 150 - 153 |
| C. Anwendungsbeispiele Laserscanning          | Seite 154 - 158 |

Anlage A

Fotodokumentation

„Bestandserfassung mit Laserscanning“

**Laserscanning – Außenbereich (Südseite)**



Abb. 2.A-01: Messeinsatz Außen-Fassade Süd



Abb. 2.A-02: Laserscanner Leica - HDS 3000

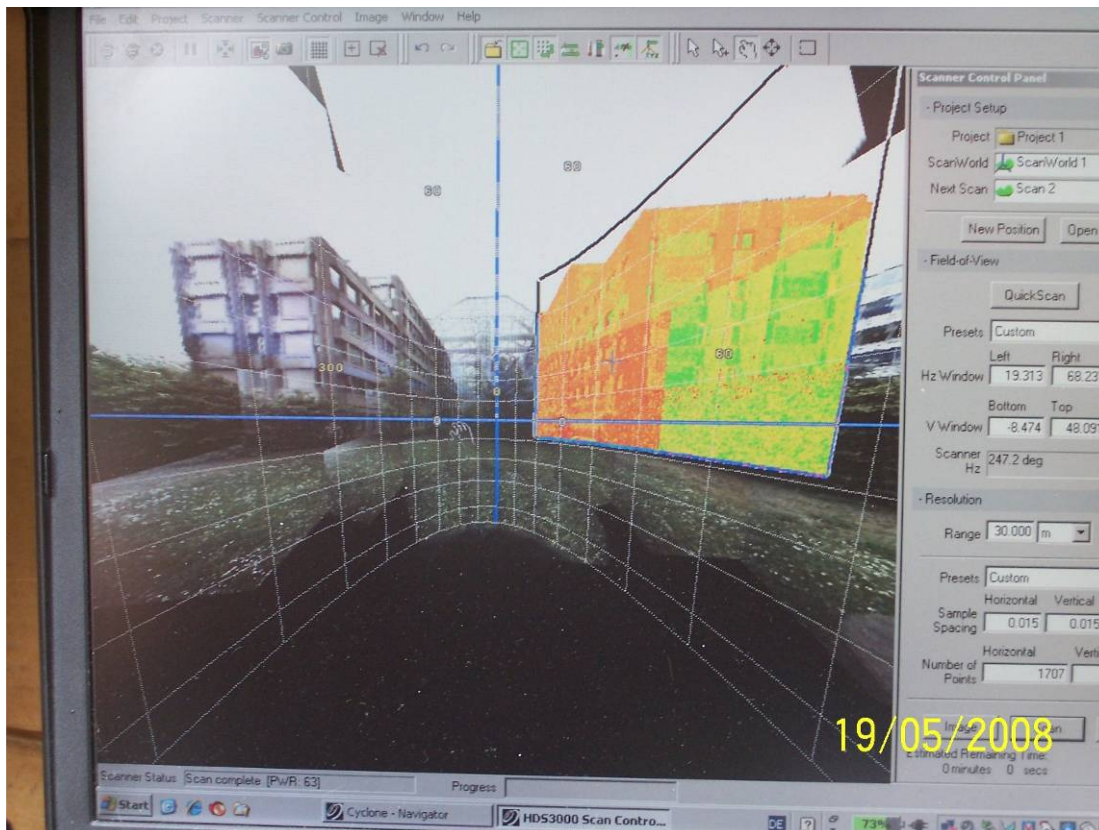


Abb. 2.A-03: computergesteuerte Vorgabe der Messbereiche, sowie Echtzeit-  
Beobachtung des Scans



### Laserscanning – Halle



Abb. 2.A-04: Foto – südlicher Innenhof



Abb. 2.A-05: Messeinsatz innen, Brücke 5.OG



Abb. 2.A-06: Darstellung der Scandaten „Innenhof“ – während des Messvorgangs



## Laserscanning – Halle



Abb. 2.A-07: HDS 3000 mit Reichweite bis 150 m



Abb. 2.A-08: Foto – Innenhof Westseite



Abb. 2.A-09: Innenhof – Mittelbrücke: tachymetrische Einmessung des Referenznetzes

### Laserscanning – Innenbereich



Abb. 2.A-10: Innenbereich Flur - mit Zielzeichen



Abb. 2.A-11: HDS 4500, erfasst 500.000 Pkt./sec.

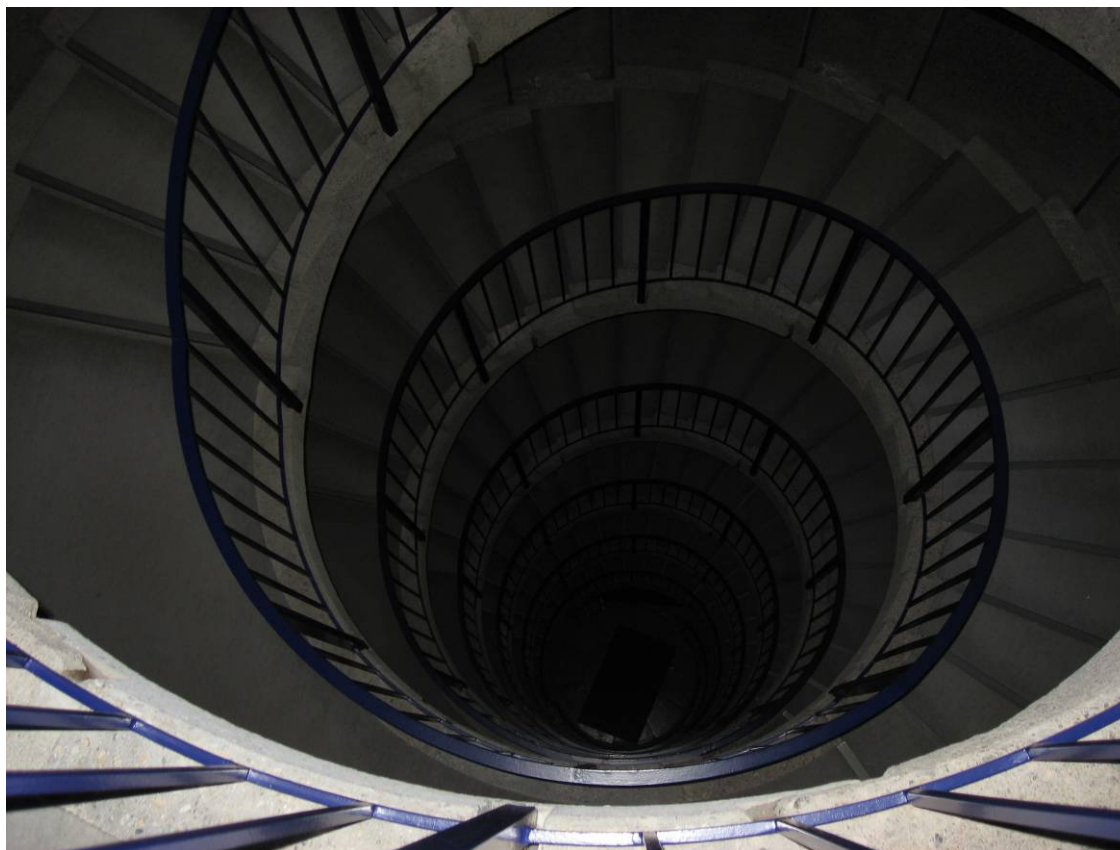


Abb. 2.A-12: Blick in das geschwungene Treppenauge – außen liegendes Treppenhaus Süd-Ost

Anlage B

Produktdaten  
der eingesetzten Laserscanner:

*Leica HDS 4500*

+

*Leica HDS 3000*





Abb. 2.B-01: HDS 4500

## Leica HDS 4500/Z+F Imager 5003

- 500.000 Pkte/sec.
- 52 m Reichweite
- Phasenvergleichsverfahren

→ Einsatz: Innenbereiche  
(sehr schnell, genau)

Quelle: [Leica Geosystems, 2005]

Abb. 2.B-02: HDS 3000

## Leica HDS 3000

- 2000 Pkte/sec.
- 150m Reichweite
- Impulsmessverfahren
- Integrierte Kamera

→ Einsatz: Fassaden  
(hohe Reichweite,  
integrierte Kamera)

Quelle: [Leica Geosystems, 2005]





## Leica HDS3000 Product Specifications

### GENERAL

|                        |  |
|------------------------|--|
| <b>INSTRUMENT TYPE</b> | High-speed, high-accuracy laser radar scanner with 360° x 270° field-of-view |
| <b>USER INTERFACE</b>  | Notebook PC  |
| <b>SCANNER DRIVE</b>   | Servo motor  |
| <b>OPTICAL VIEWER</b>  | Integrated video camera  |

### SYSTEM PERFORMANCE

#### SINGLE POINT ACCURACY\*

|                    |                  |
|--------------------|------------------|
| Position           | 6mm              |
| Distance           | 4mm              |
| Angle (horizontal) | 60 micro-radians |
| Angle (vertical)   | 60 micro-radians |

#### MODELED SURFACE PRECISION\*\*

|  |     |
|--|-----|
|  | 2mm |
|--|-----|

#### TARGET ACQUISITION ACCURACY†

|  |       |
|--|-------|
|  | 1.5mm |
|--|-------|

**DATA INTEGRITY MONITORING** Periodic accuracy self-checking during operation and at startup

\* All specifications shown @ 1m - 50m range

\*\* Subject to modeling methodology

† Algorithmic fit to planar HDS targets

### LASER SCANNING SYSTEM

|                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| <b>TYPE</b>                 | Pulsed; proprietary microchip |
| <b>COLOR</b>                | Green                         |
| <b>LASER CLASS</b>          | Class 3R (IEC 60825-1)        |
| <b>RANGE</b>                |                               |
| Optimal effective range     | 1m-100m                       |
| To 10% reflectivity targets | Up to 100m (typical)          |
| <b>SCAN RATE</b>            | Up to 1800 points/second*     |

\* Maximum scan rate dependent on scan resolution and selected field-of-view

#### SCAN DENSITY (RESOLUTION)

|               |  |
|---------------|--|
| Spot size     | ≤ 6mm from 0-50 meters   |
| Selectability | Independently selectable vertical and horizontal point-to-point measurement spacing †                    |
| Point Spacing | Select by total number of points per unit area or minimum distance between points (at specified range) † |

|                        |                                |
|------------------------|--------------------------------|
| Maximum Sample Density | 1.2mm †                        |
| Scan row (horizontal)  | 20,000 points/row, maximum †   |
| Scan column (vertical) | 5,000 points/column, maximum † |

#### FIELD-OF-VIEW (PER SCAN)

|                        |  |
|------------------------|--|
| Horizontal             | 360° (maximum) †   |
| Vertical               | 270° (maximum) †   |
| Aiming/Sighting        | Optical sighting using QuickScan™ button   |
| <b>SCANNING OPTICS</b> | Single mirror, panoramic, dual-window design †<br>Environmentally protected by housing and two glass shields |

|  |  |
|--|--|
| <b>SCAN MOTORS</b>                               | Direct drive, brushless                                      |
| <b>DATA &amp; POWER TRANSFER TO/ FROM TURRET</b> | Contact-free: optical data link and inductive power transfer |

**COMMUNICATIONS** Static Internet Protocol (IP) Address

**COLOR DIGITAL IMAGING** User-defined pixel resolution: Low, Medium, High †  
Single 24° x 24° image: 1024 x 1024 pixels (1 megapixel) @ "High" setting

Full 360° x 270° dome: 111 images, approx. 64 megapixels, spatially rectified

**STATUS INDICATORS** 3 LED's (on base) indicate system ready, laser on, and comm. status

### ELECTRICAL

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>POWER SUPPLY</b>      | 12V input, QTY (2) Power Supply units provided with system |
| <b>POWER CONSUMPTION</b> | < 80W average  |
| <b>BATTERY TYPE</b>      | Sealed lead acid   |
| <b>POWER PORTS</b>       | 2, simultaneous use, "hot swap" capable                    |
| <b>TYPICAL DURATION</b>  | Up to 6 hours continuous use (nominal temp.)               |

**POWER STATUS INDICATORS** 5 LEDs indicate charging status and power levels (low/medium/high)

### ENVIRONMENTAL

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>OPERATING TEMP.</b> | 0°C to 40°C   |
| <b>STORAGE TEMP.</b>   | -25°C to 65°C   |
| <b>LIGHTING</b>        | Fully operational between bright sunlight and complete darkness |
| <b>HUMIDITY</b>        | Non-condensing atmosphere                                       |
| <b>SHOCK</b>           | 40G's (max. to scanner transport case)                          |
| <b>DUST/HUMIDITY</b>   | IEC Specification IP52  |

### PHYSICAL

|                          | DIMENSIONS   | WEIGHT                 |
|--------------------------|--|------------------------|
| <b>SCANNER</b>           | 10.5 D" x 14.5" W x 20" H<br>265mm D x 370mm W x 510mm H<br>w/o handles, w/o table stand | 16 kg (35lbs), nominal |
| <b>POWER SUPPLY UNIT</b> | 6.5" D x 9.25" W x 8.5" H<br>165mm D x 236mm W x 215mm H<br>w/o handles                  | 12 kg (26lbs), nominal |

### STANDARD ACCESSORIES

Scanner transport case  
Tribrach (Leica Professional Series)  
Surveying tripod  
Ethernet cable for connection of scanner to notebook PC  
Two Power Supply cases. Each includes:  
Power Supply  
Cable for battery connection to scanner  
Power Supply charger  
Cyclone™-SCAN software

### HARDWARE OPTIONS

Notebook PC (Standard or Enhanced)  
HDS scan targets and target accessories  
Service agreement for HDS3000

### NOTEBOOK PC FOR SCANNING Δ

| COMPONENT        | REQUIRED (minimum)   |
|------------------|--|
| Processor        | 1.4 GHz Pentium M or similar   |
| RAM              | 512MB SDRAM  |
| Network card     | Ethernet   |
| Display          | SXGA +   |
| Operating system | Windows XP (Professional or Home Edition, SP1 or higher)<br>Windows 2000 (SP2 or higher) |

Δ Minimum requirements for modeling operations are different. Please refer to Cyclone datasheet for specifications.

### CYCLONE – SCAN

"Fly-around," pan & zoom, and freely rotate point clouds, true-color intensity mapped clouds, wire meshes, "shrinkwrap" surfaces, and models in 3D

Real-time 3D visualization while scanning †

Point cloud and 3D model Level of Detail (LOD) for fast visualization

Fast "shrinkwrap" rendering of point clouds to meshes

Decimation of point clouds (nth point)

View point clouds with intensity or true-color mapping

Limit box for efficient viewing and interaction of selected regions

Targeted, single-shot pre-scan ranging †

### CYCLONE – SCAN (CONT.)

Automatic creation of panoramic digital image mosaic †

Panoramic digital image viewer †

Georeferencing over known or assumed survey point †

Instrument height (H.I.) input during data capture †

Target height input during data capture †

Point-and-scan QuickScan™ feature to interactively set horizontal field-of-view †

Scan filtering to optionally exclude data based on:  
Area of interest via rectangular or free form polygonal areas †  
Range †  
Return intensity †  
Pre-set drop-down list or custom settings †

User-defined quality-of-fit checks

Atmospheric correction

Measure & dimension point clouds and models  
Slope distances  
ΔX, ΔY, ΔZ distances

Create and manage annotations

Create and manage layers

Assign colors & materials to objects

View scanner locations and field-of-view

Environmental lighting

Save/restore views

Save screen image as image file

Undo/redo support

Automated acquisition of HDS targets †

Scanner command scripting †

### DIRECT IMPORT FORMATS

ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT)  
RIEGL 3DD  
Cyclone Object Exchange (COE) format (COE Data Transfer Products)  
CGP  
BMP, JPEG, TIFF

### DIRECT EXPORT FORMATS

ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT)  
BMP, JPEG, TIFF  
Cyclone Object Exchange (COE) format (COE Data Transfer Products)

### INDIRECT EXPORT FORMATS

AutoCAD (via COE for AutoCAD plug-in)  
MicroStation (via COE for MicroStation plug-in)  
PDS (via MicroStation, COE for MicroStation plug-in)  
AutoPLANT (via AutoCAD, COE for AutoCAD plug-in)

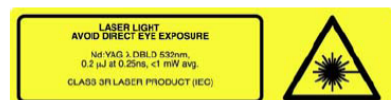
### ORDERING INFORMATION

Contact Leica Geosystems HDS Division (Cyra Technologies, Inc.) or authorized manufacturer's representatives

All specifications are subject to change without notice.

All ± accuracy specifications at 1 sigma unless indicated otherwise

† SmartScan™ Technology feature



**Leica**  
Geosystems

Cyra Technologies, Inc  
4550 Norris Canyon Road  
San Ramon, CA 94583  
www.cyra.com

**Leica HDS4500 (53m range model)**  
**Product Specifications**

| GENERAL                |  |
|------------------------|--|
| <b>INSTRUMENT TYPE</b> | Ultra high-speed, high-accuracy laser RADAR scanner with 360° x 310° field of view |
| <b>USER INTERFACE</b>  | Notebook PC  |
| <b>SCANNER DRIVE</b>   | Servo motor  |

| SYSTEM PERFORMANCE                  |                   |          |
|-------------------------------------|-------------------|----------|
| SINGLE POINT ACCURACY               |                   |          |
| POSITION                            | AT 10M            | AT 25M   |
| 20% reflectivity (dark grey)        | ≤ 7.5mm           | ≤ 14.5mm |
| 100% reflectivity (white)           | ≤ 7mm             | ≤ 13.5mm |
| DISTANCE                            |                   |          |
| 20% reflectivity (dark grey)        | ≤ 5mm             | +240ppm* |
| 100% reflectivity (white)           | ≤ 5mm             | +150ppm* |
| ANGLE                               |                   |          |
| Horizontal                          | 350 micro-radians |          |
| Vertical                            | 350 micro-radians |          |
| MODELED SURFACE PRECISION**         |                   |          |
| 20% reflectivity (dark grey)        | ≤ 2.5mm           | ≤ 6.5mm  |
| 100% reflectivity (white)           | ≤ 1.5mm           | ≤ 2.5mm  |
| <b>TARGET ACQUISITION ACCURACY†</b> | ≤ 2.5mm           | ≤ 4mm    |

\* PPM value equals the range noise standard deviation  
\*\* Subject to modeling methodology  
† Algorithmic fit to black and white HDS targets

| LASER SCANNING SYSTEM            |  |
|----------------------------------|--|
| <b>TYPE</b>                      | Phase-shift  |
| <b>COLOR</b>                     | Infrared   |
| <b>LASER CLASS</b>               | Class 3R (IEC EN 60825-1)                                    |
| <b>RANGE</b> (optimal effective) | 1.0m to 25m  |
| <b>MINIMAL RANGE</b>             | 0.75m  |
| <b>MAXIMUM RANGE</b>             | 53.5m  |
| <b>SCAN RATE</b>                 | Up to 500,000 points/second*                                 |
| SCAN DENSITY (RESOLUTION)        |  |
| Spot size                        | 5mm at 10 meters, 8.5mm at 25 meters                         |
| Selectability/Point Spacing      | Selection of preset resolution settings †                    |
| Scan row (horizontal)            | 20,000 points/row, maximum †                                 |
| Scan column (vertical)           | 20,000 points/column, maximum †                              |
| FIELD-OF-VIEW (PER SCAN)         |  |
| Horizontal                       | 360° (maximum) †   |
| Vertical                         | 310° (maximum) †   |
| <b>COMMUNICATIONS</b>            | IEEE 1394 "FireWire" / "i-Link"                              |
| <b>STATUS INDICATORS</b>         | 3 LEDs indicate laser status, system power and system status |

\* Maximum scan rate dependent on scan resolution

| ELECTRICAL                       |  |
|----------------------------------|--|
| <b>POWER SUPPLY</b>              | 24V DC power supply (battery)<br>90 - 260V AC power supply |
| <b>POWER CONSUMPTION</b>         | 50 - 70W   |
| <b>BATTERY TYPE</b>              | Sealed lead acid   |
| <b>TYPICAL DURATION</b>          | 6 hours per power supply (nominal temp.)                   |
| <b>BATTERY STATUS INDICATORS</b> | LEDs indicate charging status and capacity levels          |

| ENVIRONMENTAL              |   |
|----------------------------|---|
| <b>OPERATING TEMP.</b>     | 0°C to 40°C   |
| <b>LIGHTING</b>            | Fully operational from bright sunlight to complete darkness |
| <b>TARGET REFLECTIVITY</b> | No retro-reflectors   |
| <b>HUMIDITY</b>            | Non-condensing atmosphere                                   |

| PHYSICAL                         |   |                 |
|----------------------------------|---|-----------------|
| SCANNER                          | DIMENSIONS  | WEIGHT          |
|                                  | 70" x 12" W x 13.5" H<br>180mm D x 300mm W x 350mm H  | 13 kg (28lbs)   |
| <b>SCANNER BASE</b>              | 6" H (150mm H)  | 3kg (6.5lbs)    |
| <b>BATTERY / DC POWER SUPPLY</b> | 9.5" D x 10" W x 12" H<br>240mm D x 260mm W x 300mm H | 16 kg (35lbs)   |
| <b>CHARGER / AC POWER SUPPLY</b> | 9.5" D x 5" W x 6" H<br>240mm D x 130mm W x 160mm H   | 2.5 kg (5.5lbs) |

| STANDARD ACCESSORIES   |  |
|--|--|
| Scanner transport case   |  |
| Tripod and dolly, includes transport case  |  |
| Notebook PC  |  |
| FireWire cable and PCMCIA FireWire card for connection of scanner to Notebook PC |  |
| Power supply components:   |  |
| Two rechargeable DC power supplies (batteries)                                   |  |
| Power supply charger, includes AC power supply                                   |  |
| Power supply cables  |  |
| Cyclone™SCAN software  |  |

| HARDWARE OPTIONS                            |  |
|---|--|
| HDS4500 scan targets and target accessories |  |
| Service agreement for HDS4500               |  |

| NOTEBOOK PC FOR SCANNING Δ |  |
|----------------------------|--|
| COMPONENT                  | REQUIRED (minimum)                           |
| Processor                  | 1.7 GHz Pentium M or greater                 |
| System memory RAM          | 1024MB or greater (SDRAM)                    |
| Hard Disk                  | 40GB or greater, (5400RPM or faster)         |
| Network connection         | Ethernet/modem combination                   |
| Data connection            | FireWire / i-Link (IEEE 1394)                |
| Display                    | SXGA+(64MB or greater video RAM recommended) |
| Operating system           | Windows XP Professional (SP1 or higher)      |
| File System                | NTFS   |
| Power                      | Additional battery, 2 preferred              |

Δ Minimum requirements for modeling operations are different. Please refer to Cyclone datasheet for specifications.

| CYCLONE – SCAN   |  |
|--|--|
| "Fly-around," pan & zoom, and freely rotate point clouds, intensity mapped clouds and models in 3D |  |
| Point cloud and 3D model Level of Detail (LOD) for fast visualization                              |  |
| Decimation of point clouds (nth point)   |  |
| View point clouds with intensity color mapping   |  |
| Limit box for efficient viewing and interaction of selected regions                                |  |
| Targeted, single-shot pre-scan ranging †   |  |
| Target height input during data capture †  |  |
| Scan filtering to optionally exclude data based on:  |  |
| Area of interest via rectangular areas †   |  |
| Range †  |  |
| Return intensity †   |  |
| Pre-set drop-down list or custom settings †  |  |
| User-defined quality-of-fit checks   |  |
| Measure & dimension point clouds and models  |  |
| Slope distances  |  |
| ΔX, ΔY, ΔZ distances   |  |
| Create and manage annotations  |  |
| Create and manage layers   |  |
| Assign colors & materials to objects   |  |
| View scanner locations and field-of-view   |  |
| Environmental lighting   |  |
| Save/restore views   |  |
| Save screen image as image file  |  |
| Undo/redo support  |  |
| Scanner command scripting †  |  |

| DATA IMPORT  |  |
|--|--|
| ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) customized format |  |
| Zoller+Fröhlich ZFS, ZFC                                     |  |
| RIEGL 3DD  |  |
| COE (Cyclone Object Exchange)                                |  |
| AutoCAD, MicroStation via COE Data Transfer plug-in          |  |
| BMP, JPEG, TIFF  |  |
| CGP  |  |

| DATA EXPORT  |  |
|--|--|
| ASCII point data (XYZ, SVY, PTS, PTX, TXT) customized format |  |
| DXF  |  |
| COE (Cyclone Object Exchange)                                |  |
| AutoCAD, MicroStation via COE Data Transfer plugin           |  |
| BMP, JPEG, TIFF  |  |

| ORDERING INFORMATION  |  |
|---|--|
| Contact Leica Geosystems HDS, Inc., or authorized manufacturer's representatives. |  |

All specifications are subject to change without notice.  
All ± accuracy specifications at 1 sigma unless indicated otherwise.  
† SmartScan™ Technology feature.



Leica Geosystems HDS, Inc.  
4550 Norris Canyon Road  
San Ramon, CA 94583  
www.hds.leica-geosystems.com

©2004 Leica Geosystems HDS, Inc. All rights reserved. Cyra, Cyclone and SmartScan Technology are trademarks of Leica Geosystems HDS, Inc. High-Definition Surveying and HDS are trademarks of Leica Geosystems. All other trademarks or registered trademarks are properties of their respective owners.  
HDS 4500 22 June 2004 v1.0

Abb. 2.B-04:Produkt-Spezifikationen Laserscanner Leica HDS 4500

## Anlage C

### Anwendungsbeispiele

#### „Laserscanning in der Baupraxis“

**Mercedes-Benz Center, Stuttgart**



Abb. 2.C-01: „Mercedes-Benz Center, Stuttgart“

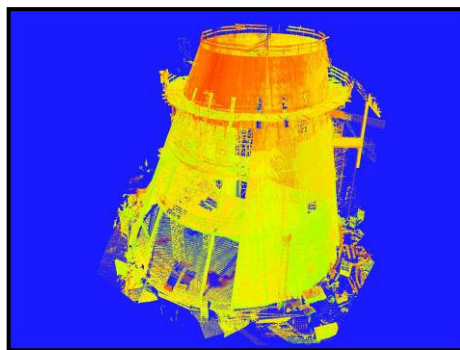


Abb. 2.C-02: Aufmass „Rohbau“

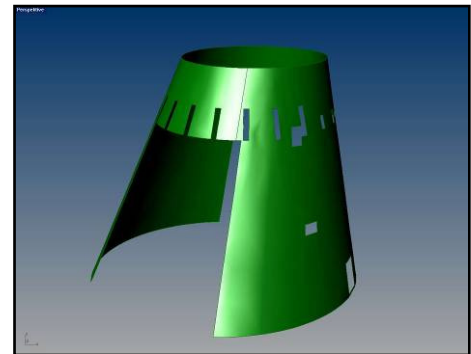


Abb. 2.C-03: abgeleitete „virtuelle“  
 Oberfläche



Abb. 2.C-05: montierte „Fassadenhaut“

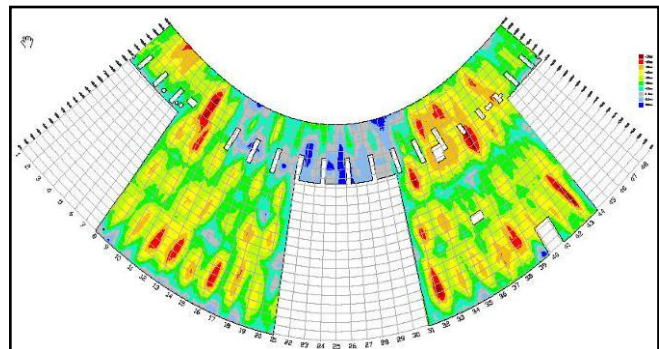


Abb. 2.C-04: Zuschnittstafeln für die Produktion



## BMW Welt, München

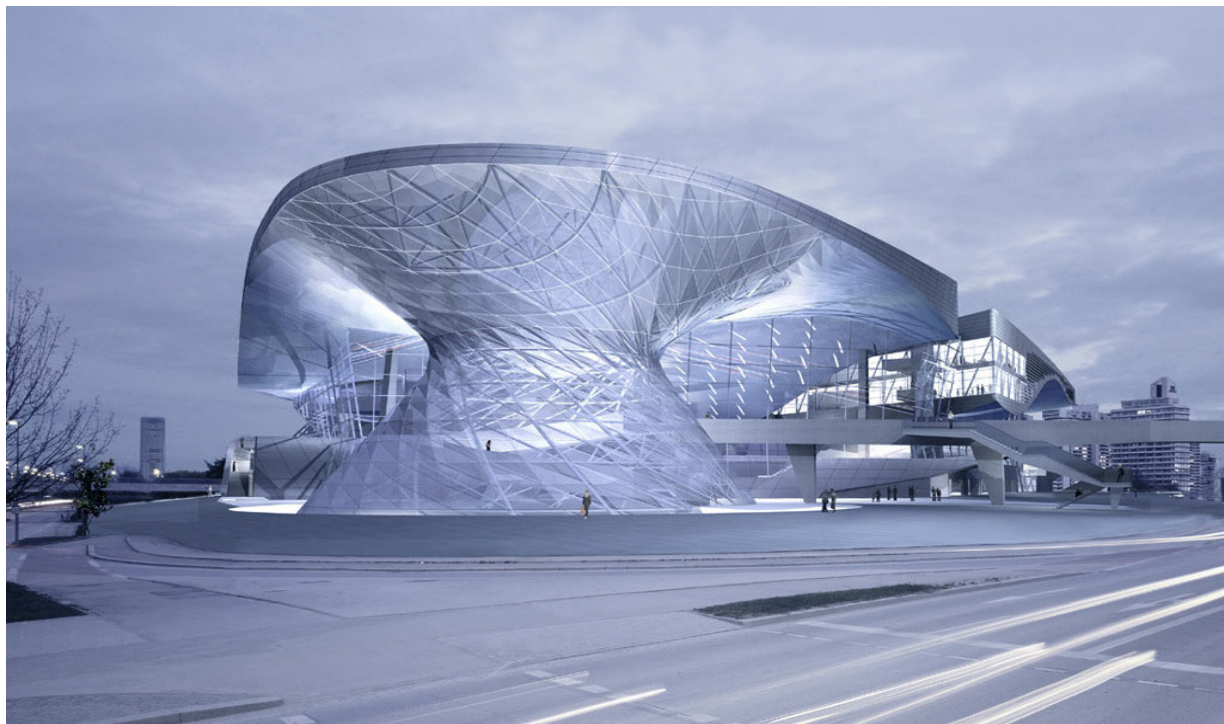


Abb. 2.C-06: Visualisierung „BMW-Welt“ in München

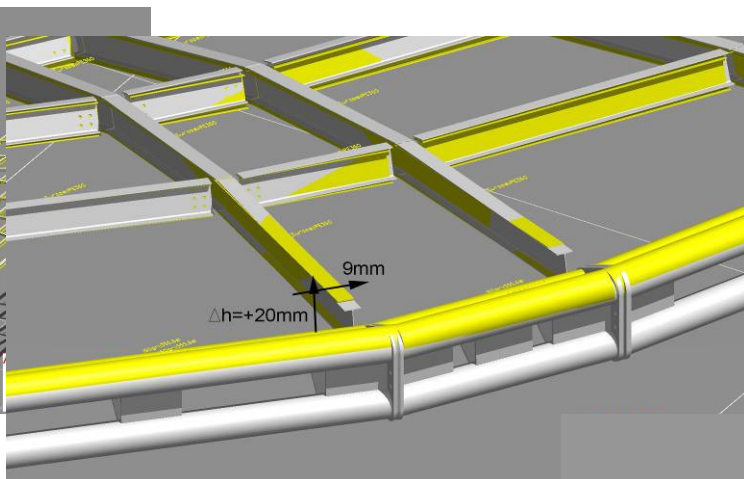
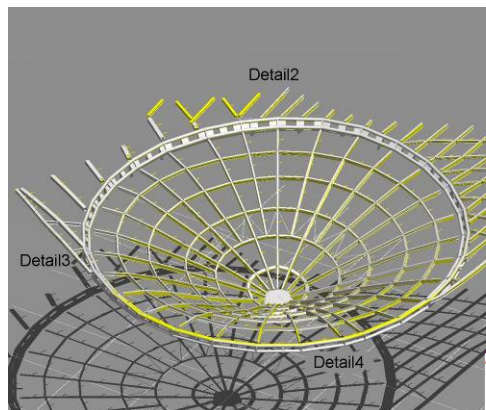


Abb. 2.C-07,08,09,10: Kontrolle von Produktions- und Montagetoleranzen mittels Laserscanning  
Seite 156 (38)

## AIRRAIL-Center, Flughafen Frankfurt



Abb. 2.C-11: Visualisierung „Airrail-Center“, Flughafen Frankfurt am Main

- **Aufmass der baulichen Vorleistung** (Rohbau) und
- **maßgetreue Fertigungsplanung** der Fassadenbauteile

Abb. 2.C-12: Virtuelle Planung und Elementfertigung infolge Laserscan-Aufmaß der Betonkonstruktion

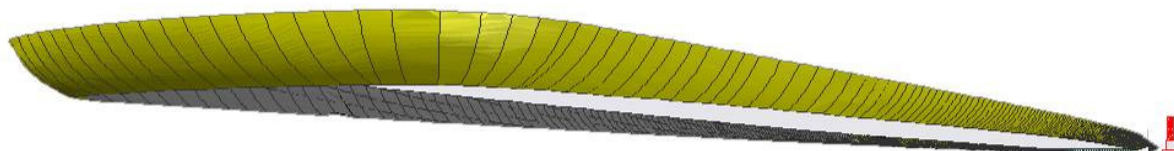


Abb. 2.C-13: Montage der mehrfach gekrümmten Fassaden-Elementen

**REG**  
**Ressourceneffiziente Gebäude**  
**für die Welt von Übermorgen**

  
**BILFINGER** | **BERGER**  
Hochbau

**ZÜBLIN**

## **6 Untersuchung innovativer Ansätze**



## Inhaltsverzeichnis

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>6</b>   | <b>Untersuchung Innovativer Ansätze</b> .....                                 | <b>4</b>  |
| <b>6.1</b> | <b>Einleitung</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>6.2</b> | <b>Züblinhaus - Gebäudehülle</b> .....  | <b>5</b>  |
| 6.2.1      | Fensterelemente – Austausch der Verglasung .....                              | 5         |
| 6.2.2      | Fensterelemente – Einbau hochwertiger Glasfolien auf Bestandsverglasung ..... | 7         |
| 6.2.3      | Fensterelemente – Austausch der kompletten Fensterelemente .....              | 10        |
| 6.2.4      | Fensterelemente – Austausch komplette Fensterelemente (Passivhausstandard) .  | 13        |
| 6.2.5      | Fensterelemente – Austausch Sonnenrollos.....                                 | 15        |
| 6.2.6      | opake Bauteile – Austausch Zwischendämmung mit Perlitschüttung .....          | 16        |
| 6.2.7      | opake Bauteile – Versetzen der Betonsandwichelemente .....                    | 18        |
| 6.2.8      | opake Bauteile – Ergänzen der Innendämmung .....                              | 22        |
| 6.2.9      | Bewertungsmatrix.....   | 25        |
| <b>6.3</b> | <b>Züblinhaus - TGA-Anlagen</b> .....   | <b>27</b> |
| 6.3.1      | Option 1 - Wärmeerzeugersersatz durch Brennwertkessel .....                   | 29        |
| 6.3.2      | Option 2 - Wärmeerzeugersersatz durch Blockheizkraftwerk .....                | 33        |
| 6.3.3      | Option 3 - Wärmeerzeugung über Geothermie und Wärmepumpe .....                | 39        |
| 6.3.4      | Option 4 - Erneuerung Wärmeerzeugung über Abwasserkanal und Wärmepumpe        | 44        |
| 6.3.5      | Option 5 - Erneuerung der Raumregelung und Verteilleitungen .....             | 51        |
| 6.3.6      | Option 6 - Energierückgewinnung bei Aufzügen .....                            | 54        |
| 6.3.7      | Option 7 - Reduzierung Stand-by-Betrieb der Büro-EDV .....                    | 56        |
| 6.3.8      | Option 8 - Einsatz von LED – (Lichtemittierende Dioden) Beleuchtung.....      | 58        |
| 6.3.9      | Option 9 - Händetrocknung mit innovativer Technik .....                       | 65        |
| 6.3.10     | Option 10 - Dezentrale Lüftung mit Ökolüfter .....                            | 67        |
| 6.3.11     | Option 11 - Photovoltaik .....  | 70        |
| 6.3.12     | Matrix TGA .....  | 73        |
| <b>6.4</b> | <b>Z-zwo</b> .....  | <b>74</b> |
| 6.4.1      | BHKW.....   | 74        |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| 6.4.2      | LED .....   | 78         |
| <b>6.5</b> | <b>Variantenfestlegungen.....</b>                   | <b>80</b>  |
| 6.5.1      | Beschreibung .....                                  | 80         |
| 6.5.2      | Kostenzusammenstellungen .....                      | 82         |
| <b>6.6</b> | <b>Vergleichsdarstellung Variante 1- 3 .....</b>    | <b>85</b>  |
| 6.6.1      | Energieeinsparverordnung 2007 .....                 | 85         |
| 6.6.2      | Ökobilanzierung .....                               | 90         |
| 6.6.3      | Wärmebrücken .....                                  | 92         |
| 6.6.4      | Kosten .....  | 93         |
| <b>6.7</b> | <b>Zusammenfassung.....</b>                         | <b>100</b> |
| <b>6.8</b> | <b>Anlagen .....</b>                                | <b>101</b> |
| Anlage K1: | Züblinhaus – Kostenprognose - Fensterelemente ..... | 102        |
| Anlage K2: | Züblinhaus – Kostenprognose – opake Bauteile .....  | 103        |
| Anlage K3: | Züblinhaus – Kostenprognose – restl. Bauteile ..... | 105        |

## 6 Untersuchung Innovativer Ansätze

### 6.1 Einleitung

Die Optimierung der Effizienz eines Gebäudes setzt voraus, dass zum einen Einsparpotenziale erkannt werden und zum anderen Technologien existieren um diese Potenziale zu nutzen.

Im Rahmen der Nullmessung wurde für die Referenzobjekte ermittelt, welche Ressourcenverbräuche zum heutigen Zeitpunkt bestehen. Daraus kann abgeleitet werden, in welchen Bereichen Potenziale stecken, um den Verbrauch dieser Ressourcen zu reduzieren. Hauptziel ist dabei natürlich den Energieverbrauch zu minimieren.

Parallel dazu wurden im Arbeitspaket 4 Technologien zusammengetragen, die innovative Ansätze für den Bau und den Betrieb von Gebäuden bieten. Dabei wurde Wert darauf gelegt, dass die Innovationen zu einem großen Anteil auch eine Marktreife erreicht haben, die die Umsetzbarkeit sicherstellt. Trotzdem ist für jedes Gebäude gesondert zu bewerten, welche Technologien sinnvoll umgesetzt werden können.

Das Arbeitspaket 6 sieht vor, dass die Ergebnisse aus beiden Schritten zusammengeführt werden. Ziel dabei ist es die Wirkung einzelner Maßnahmen bzw. deren Kombination auf das Referenzobjekt zu ermitteln. Der Schwerpunkt wird dabei zum einen auf den Energiebedarf (EnEV) gelegt. Zum anderen werden die notwendigen Investitionskosten und die Kosten über den Lebenszyklus bewertet.

Die Untersuchungen werden vorrangig anhand des Züblinhauses durchgeführt, da dieses als Bestandsgebäude das größte Potential für Verbesserungen in der Energiebilanz aufweist. Grundsätzlich wird zunächst jede einzelne Maßnahme, die für die Gebäudehülle oder die technische Gebäudeausstattung vorgesehen ist beschrieben, bewertet und die Investitionskosten ermittelt. Danach wurden vier Varianten entwickelt, die jeweils eine Kombination aus baulichen und technischen Maßnahmen darstellen. Die Varianten unterscheiden sich darüber hinaus im Grad der Realisierbarkeit. Über die EnEV-Berechnung und die Ermittlung der Lebenszykluskosten wird anschließend untersucht, welche Verbesserungen das jeweilige Maßnahmenpaket ergeben hat.

## 6.2 Züblinhaus - Gebäudehülle

In den nachfolgenden Unterkapiteln 6.2.1 ff werden baukonstruktive Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen aus denen in Kapitel 6.5 für die Variantenbildungen 1-3 die geeigneten Sanierungsmaßnahmen aus ökologischer und ökonomischer Sicht gewählt werden.

Die baukonstruktiven Sanierungsmaßnahmen reichen von schnell umsetzbaren Maßnahmen wie der Austausch der Glasscheiben bis innovative Maßnahmen, wie das Versetzen der Betonsandwich-Außenhülle.

### 6.2.1 Fensterelemente – Austausch der Verglasung

Zur Energieeinsparung über Glasflächen besteht die Möglichkeit die vorhandenen Isolierglasscheiben durch höherwertigeres Wärme- oder Sonnenschutzglas auszutauschen.

Der Arbeitsaufwand dabei ist verhältnismäßig gering. Dabei können die Fensterflügel ausgehängt und an Ort und Stelle bearbeitet werden. Die Glashalteleisten mitsamt der Silikonfuge werden vom Fensterrahmen entfernt und das alte Isolierglas durch das neue Wärme- oder Sonnenschutzglas ausgetauscht. Geringfügige Glasdicken-unterschiede können durch Anpassen der alten Glasleisten ausgeglichen und die Scheiben erneut eingeglast werden. Zusätzlich sind Malerarbeiten/Nacharbeiten des Fensterrahmens notwendig.

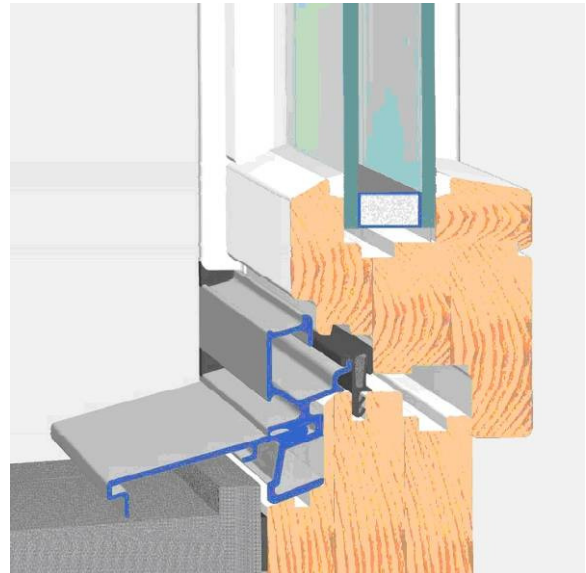


Abb.: 6.2-1:  
Schnitt Holzfenster-Rahmen (Fenster-Striegel GmbH)

Die alten Fensterflügel mitsamt der neuen Verglasung werden danach in die unverändert bestehende Fensterrahmen-Konstruktion eingehängt.

#### Vorteile

Energieeinsparung mit geringem Kosten- und Zeitaufwand, geringe Ausfallzeiten der Mitarbeiter in der Firma.

Neben der Verbesserung der U-Werte können die Schalldämmmaße der Fensterelemente den aktuellen maßgeblichen Außenlärmwirkungen erhöht werden.

Energieverlust über Glasfläche im Bestand:

$$\Rightarrow 3.145\text{m}^2 \times 30\text{K} \times 3,00 \text{ W/m}^2\text{K} = 283 \text{ kW.}$$

Energieverlust über Glasfläche mit Wärmeschutzverglasung:

$$\Rightarrow 3.145\text{m}^2 \times 30\text{K} \times 1,10 \text{ W/m}^2\text{K} = 103 \text{ kW.}$$

Energieeinsparung von ca. 180 kW Heizenergie

(bei max. Temperatur - Unterschied von 30K).

Nachteile

Bei gleichbleibender Fenstergeometrie erhöht sich der Energieverlust im Randverbund geringfügig. In nachfolgender Abbildung wird deutlich, wie sich bei unverändertem Randverbund-Material (Aluminium) der Energieverlust im Randverbund durch den Einbau höherwertiger Isolierglasscheiben ( $U_g=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  auf  $U_g=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) erhöht.

| $\Psi$ -Wert: Bestandsfenster (Alu-Randverbund)  | $\Psi$ -Wert. Neuverglasung (Alu-Randverbund)  | $\Psi$ -Wert. Neuverglasung (V2A-Randverbund)  |
|--|--|--|
| <p><math>\Psi = \frac{\Phi}{\Delta T} = U_g \cdot b_g + U_b = \frac{13,902}{20,000} = 3,000 \cdot 0,237 + 2,243 \cdot 0,157 = 0,822 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></p> | <p><math>\Psi = \frac{\Phi}{\Delta T} = U_g \cdot b_g + U_b = \frac{13,863}{20,000} = 1,100 \cdot 0,237 + 2,243 \cdot 0,157 = 0,677 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></p> | <p><math>\Psi = \frac{\Phi}{\Delta T} = U_g \cdot b_g + U_b = \frac{13,456}{20,000} = 1,100 \cdot 0,237 + 2,243 \cdot 0,157 = 0,680 \text{ W/(m}^2\text{K)}</math></p> |

Abb.: 6.2- 1: Wärmebrückenverluste im Randverbund bei unterschiedlichen Einbausituationen

Der  $\Psi$ -Wert des Randverbunds verändert sich wie folgt (siehe oben genannte Abbildung):

Bestandsverglasung ( $U_g=3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) :  $\Psi = 0,033 \text{ W/mK}$ .

Austausch der Verglasung ( $U_g=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
mit unverändertem Alu-Abstandshalter:  $\Psi = 0,077 \text{ W/mK}$ .

Austausch der Verglasung ( $U_g=1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ )  
mit Edelstahl- Abstandshalter:  $\Psi = 0,060 \text{ W/mK}$ .

Für die weiteren Berechnungen wurde der  $\Psi$ -Wert von  $\Psi = 0,060 \text{ W/mK}$  zugrunde gelegt.

### Auswirkungen auf Dritte

keine Auswirkungen auf andere Gewerke zu erwarten.

### Kostenprognose (siehe Anlage)

Eine detaillierte Auflistung der anfallenden Kosten zu dieser Variante ist in der Anlage K1 enthalten.

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 386.835.-- € (Wärmeschutzverglasung)
- auf ca. 544.085.-- € (Sonnenschutzverglasung)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

## **6.2.2 Fensterelemente – Einbau hochwertiger Glasfolien auf Bestandsverglasung**

Der Schwachpunkt der Isolation von Gebäuden liegt häufig im Bereich der Fenster. Ein sehr hoher Anteil des Energieverbrauchs wird von der Klimatisierung der Räumlichkeiten verursacht. Im Sommer sollen erträgliche, nicht zu heiße Raumkonditionen und im Winter angenehm warme Raumkonditionen eingestellt werden. Eine nachträgliche aufgebrachte

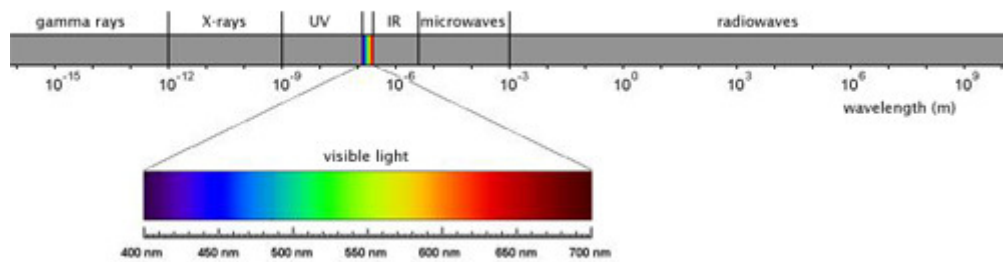


Abb.: 6.2.2- 1 Lichtspektrum (Quelle: Luxasolar)

Energiesparfolie trägt dazu bei, diese klimatischen Bedingungen ohne zusätzlichen Einsatz von Energie zu stabilisieren. Durch den das Aufbringen dieser Folie soll auf die Anschaffung neuer Fenster verzichtet werden können.

Der Wärmedämmwert (U-Wert) hingegen entspricht nicht dem Wärmedämmglas von heute. Moderne Wärmeschutzgläser werden mit einer dünnen Edelmetallschicht in einem Vakuum-Magnetron-Beschichtungsverfahren veredelt. Dabei werden eine oder zwei Edelmetallschichten auf das Glas eingebracht. Der U-Wert einer Isolierscheibe sinkt alleine durch diese Beschichtung von 2,8 bis auf 1,3  $W/m^2K$ . Die Energieeinsparung beruht auf der Reflexion von Wärmestrahlung. 2/3 der Wärme verlassen den Raum durch das Fenster in Form von Wärmestrahlung, die durch diese reflektierende Schicht zurück in den Raum gelangt. Die

Energiesparfolie enthält viele solcher dünnen Edelmetallschichten. Sie kann auf jedes vorhandene glatte Glas nachträglich aufgetragen werden. Neben der wärmedämmenden Eigenschaft im Winter besitzt die Energiesparfolie noch eine wichtige Eigenschaft: Sie reflektiert die Hitzestrahlen der Sonne. Es wird nur das für uns sichtbare und für Pflanzen notwendige Spektrum der elektromagnetischen Sonnenstrahlung hindurch gelassen. Die für die Hitze verantwortlichen Infrarotstrahlen und das schädliche UV-Licht werden am Eindringen gehindert. Das Infrarotlicht gelangt nur noch zu 7 % in den Raum und das UV-Licht wird zu 99,8 % reflektiert. Durch die hohe Reflexion von Wärmestrahlen werden Energiekosten bei Heizung und Klimaanlage gespart und der Komfort im Gebäude erhöht.



Abb.: 6.2.2- 2 Montage der Energiesparfolie ( Quelle: Luxasolar)

Die Reinigung der bestückten Glasflächen bleibt unverändert. Die Folie eignet sich besonders für den Denkmalschutz, da sie die optischen Eigenschaften der Scheibe nicht verändert und keine Bauarbeiten notwendig sind.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Verbesserung des Wärmedämmwertes (U-Wert in  $W/m^2$ ) durch das Anbringen der Energiesparfolie bei verschiedenen Glasarten.

| Verglasungsarten                 | U-Wert<br>[ $W/m^2$ ] | neuer U-Wert<br>[ $W/m^2$ ] |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| Einfachverglasung                | 5,8                   | 2,63                        |
| Isolierverglasung                | 2,8                   | 1,36                        |
| Wärmeschutzverglasung            | 1,7                   | 1,03                        |
| Neueste<br>Wärmeschutzverglasung | 0,8                   | 0,61                        |

Tabelle Abb.: 6.2.2- 1 Verbesserung des U-Wertes durch Energiesparfolie (Quelle: Luxasolar)

Bei dem Hauptverwaltungsgebäude der Ed Züblin AG wird von einer Einsparung der Heizkosten von 25 % ausgegangen, da das Gebäude alte Fenster besitzt, welche einen geringen Wärmedämmwert haben.

#### Kostenprognose

Die Kosten<sup>1</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich auf ca. 279.905.-- €

---

<sup>1</sup> reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.



### 6.2.3 Fensterelemente – Austausch der kompletten Fensterelemente

Die Fensterelemente werden komplett ausgetauscht, als neues Fensterrahmen-Material wird, aufgrund der denkmalgeschützten Fassade des Züblin-Hauses, Holz verwendet.

Die bauphysikalischen Werte der neuen Fenster entsprechen den Werten heute üblicher Wärmeschutzverglasungen. So ergibt sich ein  $U_w$ -Wert der Fenster von  $U_w = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  und ein  $g$ -Wert von  $g = 0,61$  (Tageslichtdurchlass  $T_L = 0,80$ ).

Vor dem Austausch der Fensterrahmen müssen zusätzlich im Innenbereich sämtliche Brüstungskanäle und Teile der Trockenbau-Wandanschlüsse entfernt werden.

Im Zuge der Sanierungsarbeiten werden die Wärmebrückenanschlüsse verbessert, indem die zusätzlichen Dämmstreifen über die Fensterleibung nach DIN 4108 Beiblatt 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Wärmebrücken: Planungs- und Ausführungsbeispiele; 2004-01] angebracht werden, siehe nachfolgende Abbildung.

Gleichzeitig werden die Luft- und Winddichtigkeitsanschlüsse nach aktueller DIN 4108-Teil 7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] ertüchtigt.

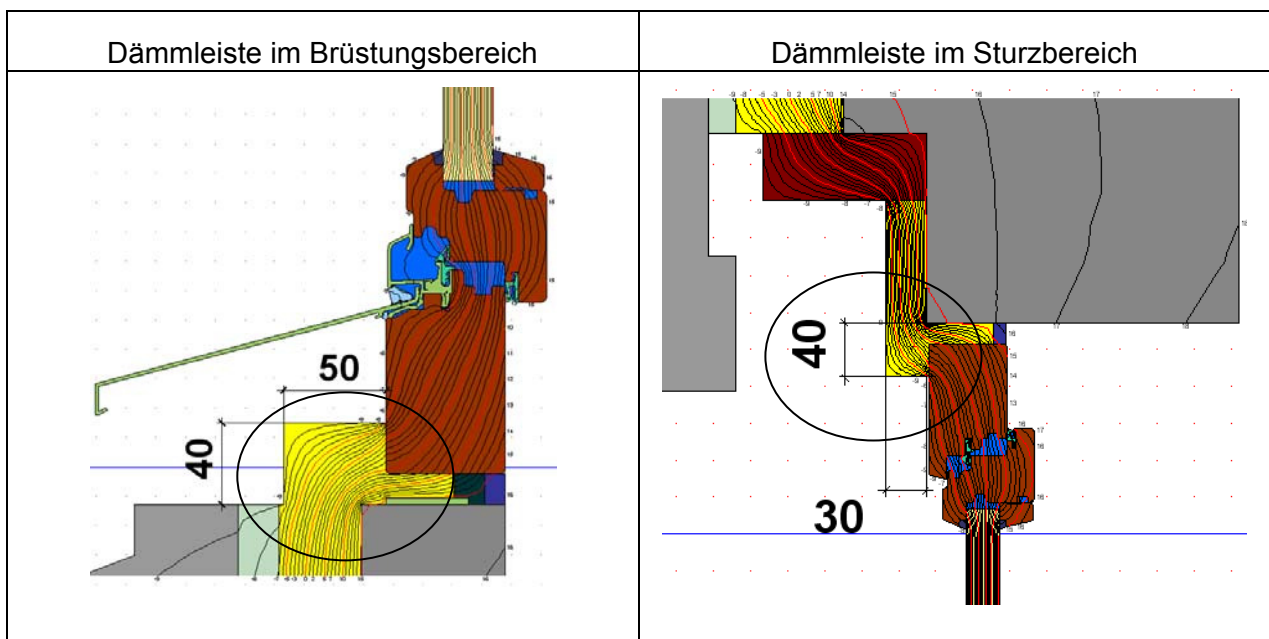


Abb.: 6.2.3- 1: zusätzliche Dämmleiste in Sturz-/Brüstungsbereich (ohne Luftdichtigkeitsanschluss)

Durch diese Maßnahme verbessern sich die Wärmebrückenverluste beispielsweise im Brüstungsbereich – bei gleichbleibender Wärmedämmung in der Fläche - von  $\Psi = 0,771 \text{ W/mK}$  (siehe Bericht Nullmessung) auf  $\Psi = 0,408 \text{ W/mK}$  (siehe nachfolgende Abbildung).

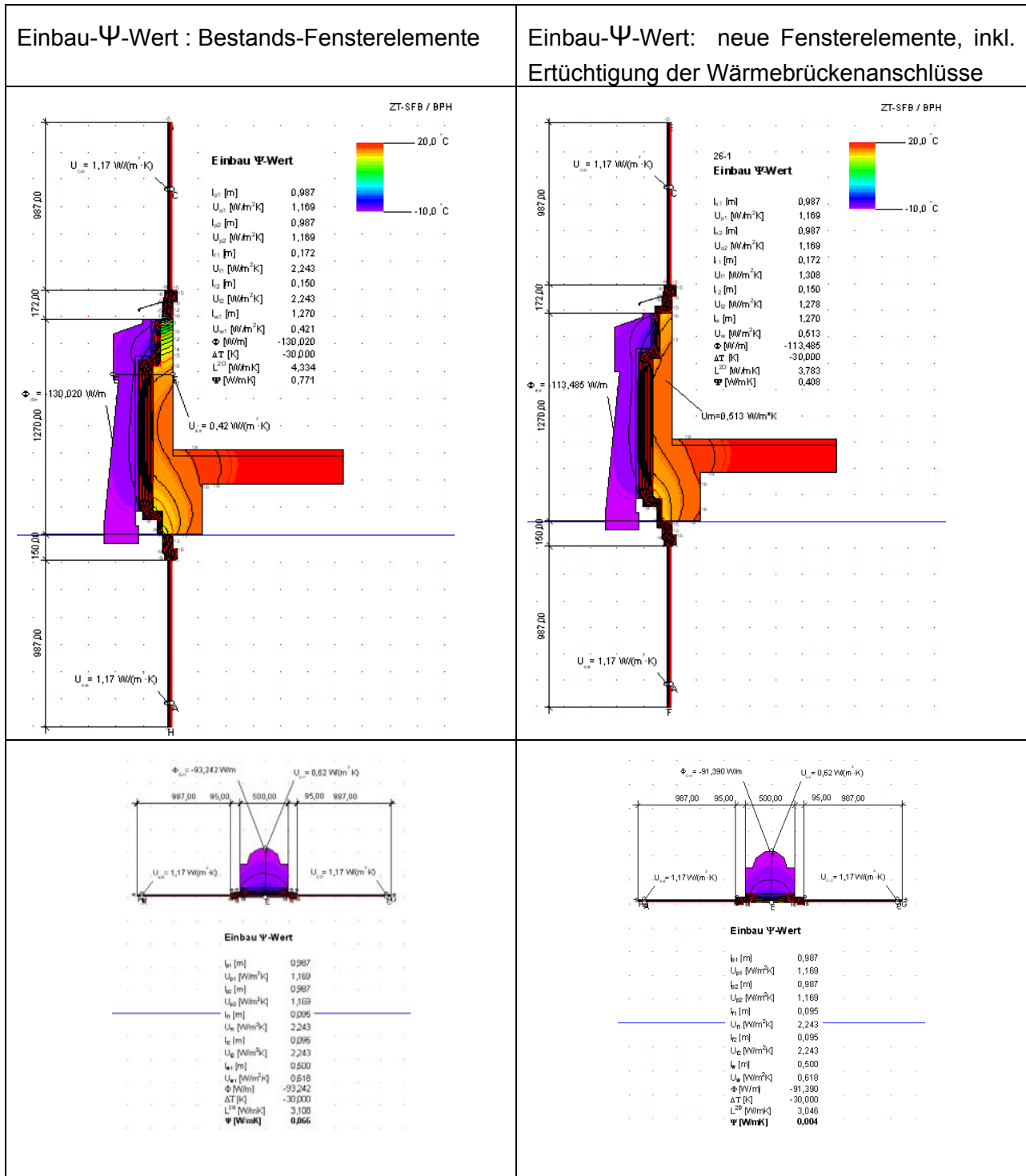


Abb.: 6.2.3- 2: Wärmebrückenverluste im Rahmenanschluss bei unterschiedlichen Einbausituationen

### Vorteile

Energieeinsparung mit abschätzbarem Kosten- und Zeitaufwand.

Neben der Verbesserung der U-Werte können die Schalldämmmaße der Fensterelemente, angepasst an den veränderten maßgeblichen Außenlärmwirkungen auf das Gebäude, erhöht werden.

Im Vergleich zu den vorherbeschriebenen Konstruktionsmaßnahmen (Austausch Verglasung oder Einbau hochwertiger Folien) können die Wärmebrückenverluste im Bereich der Einbaufuge (Rahmen) um  $\Delta \Psi = 0,363 \text{ W/mK}$  verringert werden.

Allein über diese Maßnahme senkt sich der Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$  (siehe Bericht Nullmessung) auf  $\Delta U_{WB} = 0,132 \text{ W/m}^2\text{K}$ , welches einer Dämmdickeneinsparung über die gesamte Hüllfläche des Züblin-Hauses von 3% ausmachen würde.

Des Weiteren werden bei der Montage neuer Fensterbänder innenseitig dampfdichte und außenseitig winddichte Folien über die Anschlussfuge zur Massivwand eingebaut. Damit reduzieren sich Lüftungsenergieverluste über Fugenanschlüsse.

### Nachteile

Der komplette Austausch der Fensterelemente erfordert aufwendigere Umbaumaßnahmen im Vergleich zum alleinigen Austausch der reinen Glasflächen. Neben den zusätzlichen Umbaumaßnahmen (Brüstungskanal und Anschluss der Gipskartonständerwände) fallen Mehrkosten für Ausfallzeiten der Mitarbeiter in der Firma an.

### Auswirkungen auf Dritte

Trockenbau- als auch Malerarbeiten .

### Kostenprognose (siehe Anlage)

Eine detaillierte Auflistung der anfallenden Kosten zu dieser Variante ist in der Anlage K1 enthalten.

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 1.695.361.-- € (Wärmeschutzverglasung)
- auf ca. 1.852.611.-- € (Sonnenschutzverglasung)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

#### 6.2.4 Fensterelemente – Austausch komplette Fensterelemente (Passivhausstandard)

Als weitere Variante wurde untersucht, wie sich der Einbau von Fensterbändern nach dem sogenannten Passivhaus-Standard darstellen würde.

Fenster im Passivhaus-Standard besitzen sehr hohe Anforderungen an Glas- und Rahmen-Wärmedurchlasskoeffizienten. Übliche Glasaufbauten bestehen aus einer 3-fach-Verglasung mit Werten zwischen  $U_g = 0,50 - 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Die Fensterrahmenprofile aus Holz erhalten aus Gründen des höheren Wärmedurchlasswiderstandes spezielle PU-Dämmkerne.

Vor der Demontage der Fensterrahmen müssen im Innenbereich, wie bei voriger Variante, sämtliche Brüstungskanäle und Trockenbau-Wandanschlüsse entfernt werden.

Die bauphysikalischen Werte der neuen Fenster entsprechen den Werten heute üblicher Passivhausverglasungen. So ergibt sich ein  $U_w$ -Wert der Fenster von  $U_w = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  und ein g-Wert von 0,50 (Tageslichtdurchlass  $T_L = 0,71$ ).

Vor dem Austausch der Fensterrahmen müssen zusätzlich im Innenbereich sämtliche Brüstungskanäle und Teile der Trockenbau-Wandanschlüsse entfernt werden.

Im Zuge der Sanierungsarbeiten werden die Wärmebrückenanschlüsse verbessert, indem die zusätzliche Dämmstreifen über die Fensterleibung nach DIN 4108 Beiblatt 2 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden; Wärmebrücken: Planungs- und Ausführungsbeispiele; 2004-01] angebracht werden, siehe nachfolgende Abbildung.

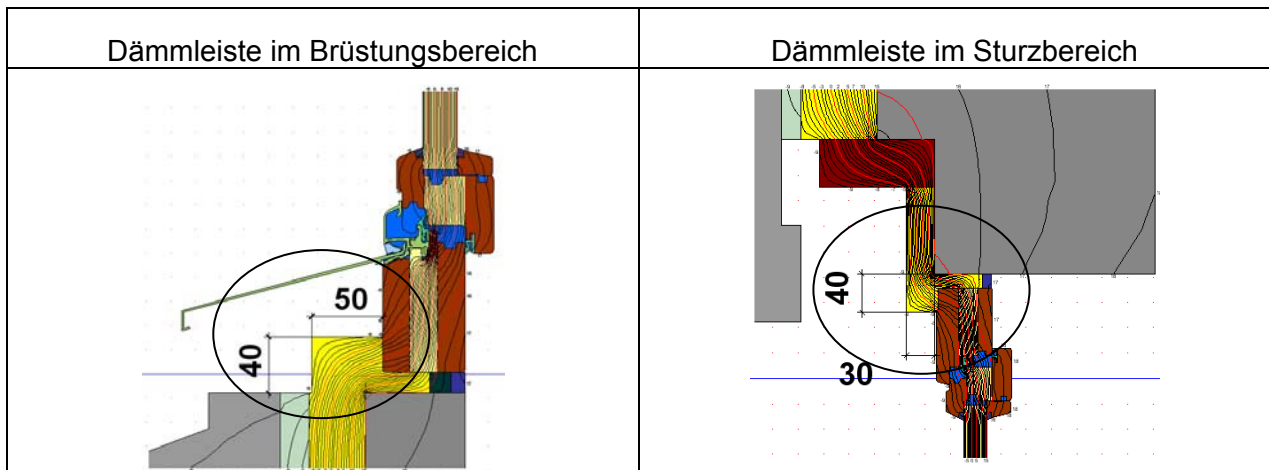


Abb.: 6.2.4- 1: Dämmleiste im Sturz-/Brüstungsbereich bei Einbau eines Fensters im Passivhaus-Standard

Gleichzeitig werden die Luft- und Winddichtigkeitsanschlüsse nach aktueller DIN 4108-Teil 7 [Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden Teil 7: Luftdichtheit von Gebäuden,

Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie –beispiele; 2001-08] ertüchtigt.

Durch diese Maßnahme verbessern sich die Wärmebrückenverluste beispielsweise im Brüstungsbereich – bei gleichbleibender Wärmedämmung in der Fläche - von  $\Psi = 0,771 \text{ W/mK}$  (siehe Bericht Nullmessung) auf  $\Psi = 0,185 \text{ W/mK}$  (siehe nachfolgende Abbildung).

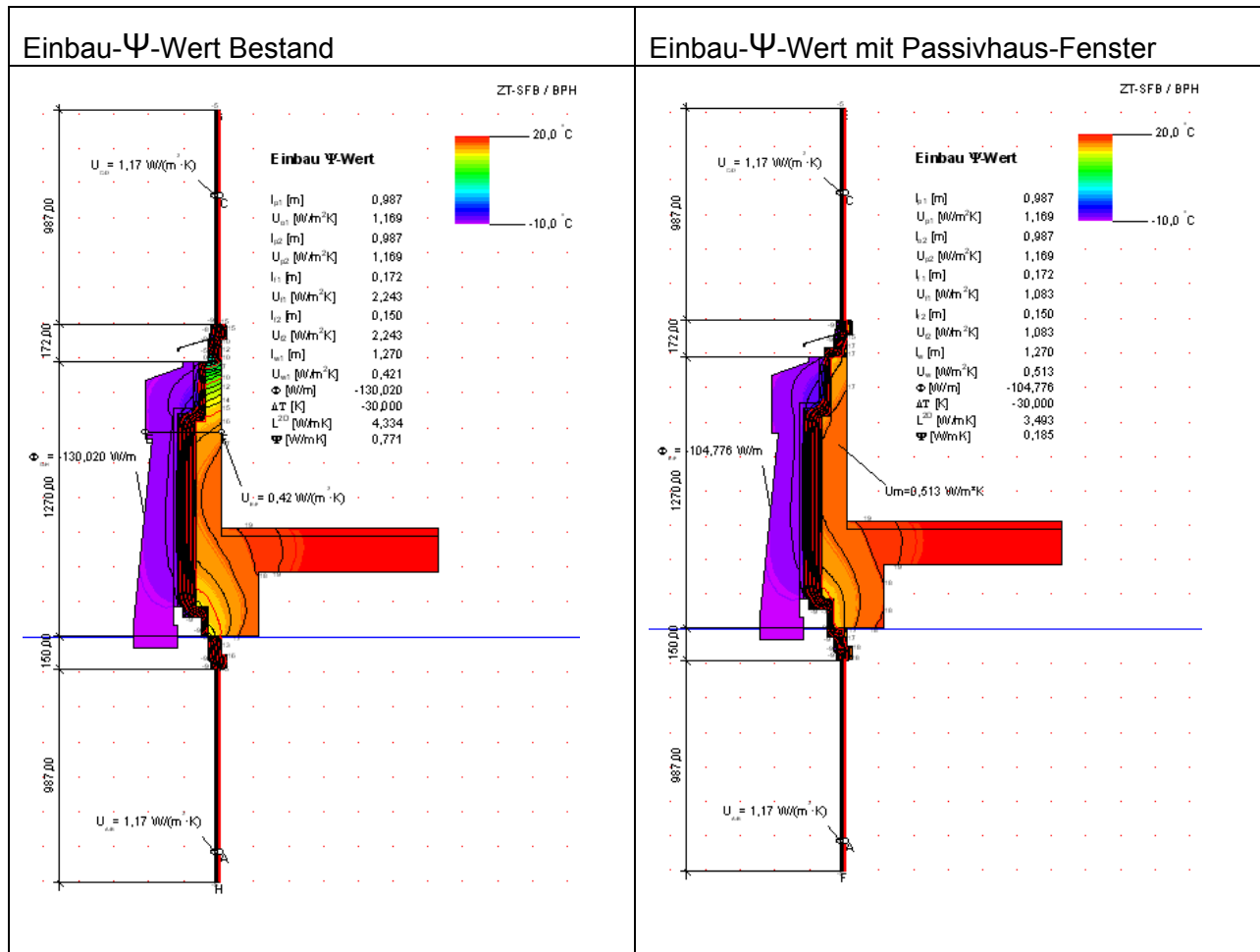


Abb.: 6.2.4- 1: Wärmebrückenverluste im Rahmenanschluss bei unterschiedlichen Einbausituationen

### Vorteile

Energieeinsparung mit abschätzbarem Zeitaufwand in der Ausführung,

Neben der Verbesserung der U-Werte können die Schalldämmmaße der Fensterelemente den aktuellen maßgeblichen Außenlärmwirkungen erhöht werden.

Im Vergleich zu den vorherbeschriebenen Konstruktionsmaßnahmen (Austausch Verglasung oder Einbau hochwertiger Folien) können die Wärmebrückenverluste im Bereich der Einbaufuge (Rahmen) um  $\Delta \Psi = 0,586 \text{ W/mK}$  verringert werden.

Der Wärmebrückenzuschlag verringert sich durch diese Maßnahme von  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$  (siehe Bericht Nullmessung) auf  $\Delta U_{WB} = 0,112 \text{ W/m}^2\text{K}$ , was einer Dämmdickeneinsparung über die gesamte Hüllfläche des Züblin-Hauses von 5% ausmachen würde.

### Nachteile

Der Einsatz einer 3-fach-Verglasung erfordert breitere Fensterrahmen, was im konkreten Fall zu einem Überstand von ca. 2cm des Fensterrahmens gegenüber der massiven Betonbrüstung führen würde.

Neben den zusätzlichen Umbaumaßnahmen (Brüstungskanal und Anschluss der Gipskartonständerwände) fallen Mehrkosten für Ausfallzeiten der Mitarbeiter in der Firma an und die Herstellkosten sind wesentlich höher als vorgenannte Varianten.

### Auswirkungen auf Dritte

Trockenbau- als auch Malerarbeiten sind davon betroffen.

### Kostenprognose (siehe Anlage)

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 3.043561.-- € (Wärmeschutzverglasung)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

## **6.2.5 Fensterelemente – Austausch Sonnenrollos**

Die vorhandenen Sonnenschutzrollos bestehen aus einer manuell betriebenen außenseitigen Rollscreen-Anlage.

Ein Austausch der vorhandenen Anlage wird aus Platzgründen nicht weiterverfolgt. In der Nullmessung wurde der FC-Wert von 0,21 analysiert und ist für die weiteren energetischen Berechnungen ausreichend.

### 6.2.6 opake Bauteile – Austausch Zwischendämmung mit Perlitschüttung

Eine weitere Möglichkeit Hohlräume ohne großen Aufwand nachträglich zu dämmen kann durch eine Perlite-Schüttung realisiert werden.

Der Werkstoff Perlite besteht aus einem feinen Granulat aus Vulkangestein. Es kann durch vorhandene oder extra hergestellte Öffnungen mit Hilfe eines Schlauches in die Hohlkammern/-räume eingeblasen werden. Aufgrund seines Werkstoffes gehört es der Brennstoffklasse A1 an. Seine Wärmeleitfähigkeit liegt je nach Herstellerangaben zwischen WLG 045 bis WLG 050.

Die Schüttung verzahnt sich zu einer hohlraumfreien, fugenlosen Dämmschicht, die selbst bei starken Erschütterungen volumenbeständig bleibt.



Abb.: 6.2.6- 1: Einbringen der Perlite-Schüttung mittels Schlauch (Quelle: Xella)

Beim Züblin-Haus könnte, nach dem Entfernen der alten Wärmedämmung in den Brüstungselementen der Hohlraum durch eine unten eingebaute Dämmstoffleiste aus Multipor – brandschutzbedingt - bewerkstelligt werden. Nach dem Verfüllen dient als oberer Abschluss ebenfalls eine Dämmleiste aus Multipor (siehe nachfolgende Abbildung).



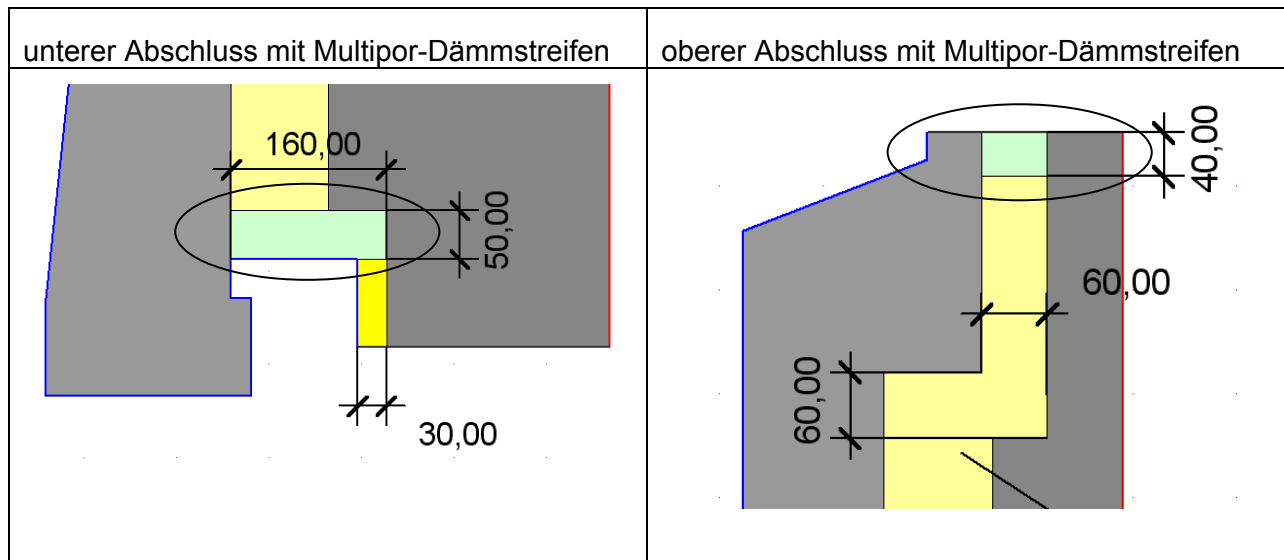


Abb.: 6.2.6- 2: notwendige Einbaumaßnahmen bei Verwendung einer Perlite-Schüttung durch oberen und unteren Abschluss der Dämmfuge im Brüstungselement

### Vorteile

Hohlräume können mit relativ wenig Aufwand volumendeckend verfüllt werden. Der Vorteil macht sich bei Konstruktionen deutlich bemerkbar, in denen die Perlite-Schüttung als zusätzliche Wärmedämmung eingebaut werden kann.

Leichterem Austausch der Wärmedämmung in Sandwichkonstruktionen als herkömmliche Wärmedämmplatten.

### Nachteile

Beim Züblin-Haus muss vor Einbringung der Perlite-Schüttung die bestehende Wärmedämmung zwischen den Sandwich-Brüstungselementen entfernt werden. Ohne die äußeren Elemente zu entfernen, stellt dies eine große Herausforderung dar (Versprünge in Sandwichkonstruktion).

Zudem besitzt das Dämmmaterial eine schlechtere Wärmeleitfähigkeit ( $\lambda = 0,045$  bis  $0,05$  W/mK) als gängige Wärmedämmstoffe (Beispiel Mineralwolle ( $\lambda = 0,035$  bis  $0,04$  W/mK)). In diesem Fall wird sich der Energieverlust über Außenwände verschlechtern, da die Perlite-Schüttung nur eine vorhandene Wärmedämmung ersetzt.



### Auswirkungen auf Dritte

Generell kann der Einbau von eingeblasener Perlite-Schüttung in Außenwänden ohne großen Aufwand und ohne auf andere Gewerke über zu greifen bewerkstelligt werden.

### Kostenprognose (siehe Anlage)

Eine detaillierte Auflistung der anfallenden Kosten zu dieser Variante ist in der Anlage K2 enthalten.

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 315.255.-- € (ohne Austauschkosten der Fensterelemente)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

### **6.2.7 opake Bauteile – Versetzen der Betonsandwichelemente**

Bei dieser Möglichkeit soll die Fassade des Züblin-Hauses auf Werte entsprechend dem Referenzgebäude nach EnEV 2009 verbessert werden.

Das Züblin-Haus besteht aus einer zusammengesteckten Beton-Fertigteil-Konstruktion.

Eigen- und Verkehrslasten der Decken werden über Konsolen und Tragstützen in die Fundamente geleitet.

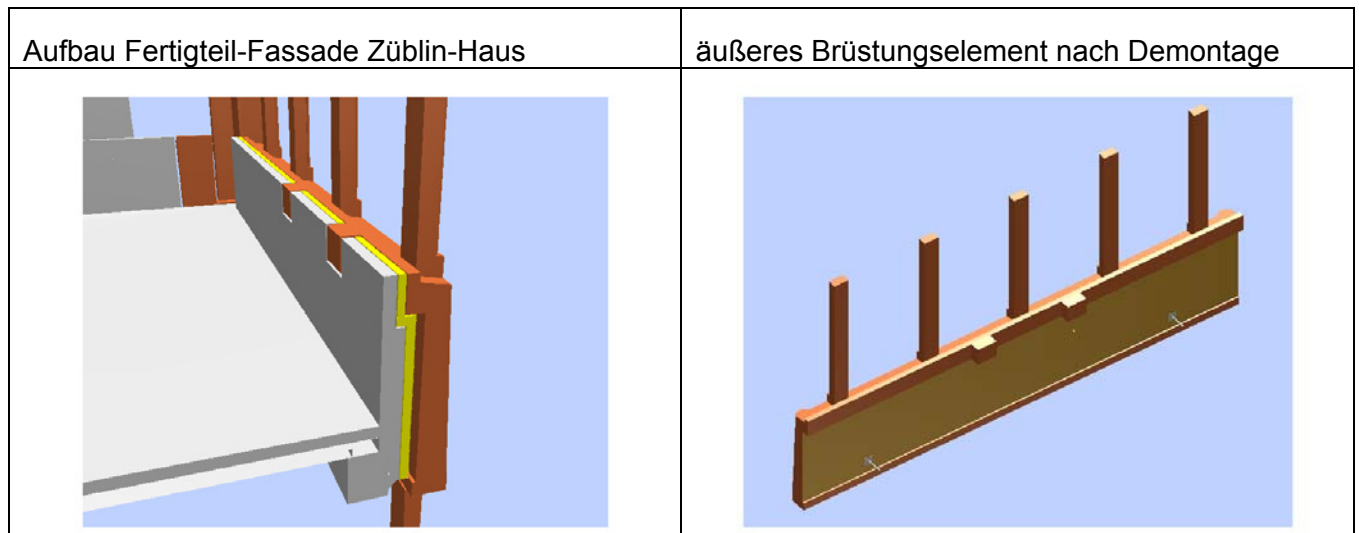
Als Fassade dienen rot eingefärbt und profilierte Beton-Fertigteil-Elemente, die über zwei nahezu mittig angeordnete Auflagerkonsolen mit den inneren Brüstungselementen durch Einhängen verbunden werden. Die Lastübertragung geschieht ausschließlich über die Auflagerkonsolen und den unterseitig angeordneten Abstandshaltern. Als Fixierung und Sicherung der Auflagerkonsolen dienen einbetonierte Dollen in den Ausklinkungen der inneren Brüstungselemente angeordnet. Es sind zusätzliche keine Sicherungen angebracht.

Die Demontage der Fassaden-Elemente kann über einen Autokran erfolgen. Dabei wird jedes einzelne Element zuerst leicht angehoben und die Unterseite der Elemente seitlich von dem Gebäude weg bewegt. Durch das seitliche wegkippen der Elemente lösen sich die Steckverbindungen der unterseitig angeordneten Abstandshalter, sodass die Fertigteile nach oben aus den Dollen ausgehoben werden können.

Als Zwischenlager der Fertigteile dient der Züblin Parkplatz.

Eine Veränderung / Verbreiterung der Außenhülle durch Erhöhung der Wärmedämmdicke im Fertigteil-Zwischenraum wäre nicht realisierbar, da das Gebäude unter Denkmalschutz steht. Zudem würden die Fassaden-Fertigteile an den Gebäudekanten Fehlstellen (Fugen) durch Veränderung der Wärmedämm-Außenkanten aufweisen.

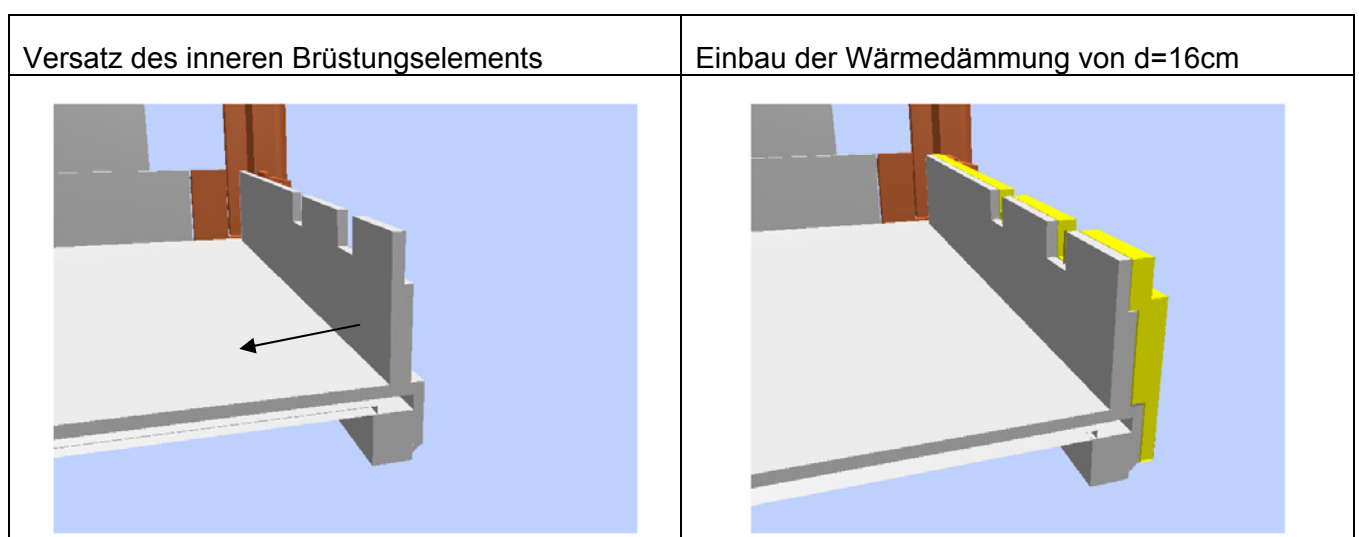
Nach Demontage der Brüstungs- (und Sonstigen) Elemente erfolgt die Entsorgung der vorhandenen Wärmedämmung.



*Abb.: 6.2.7- 1: 3-D-Modell, Kennzeichnung der bestehenden Fassade, Brüstungselement demontiert*

Da der Zwischenraum der inneren und äußeren Brüstungselemente auf max. 10cm (inkl. 2cm Toleranz) fixiert ist und der Einbau einer hoch dämmenden Wärmedämmung (Beispiel Vakuumdämmung) aus brandschutztechnischen Gründen nicht realisierbar ist, werden die inneren Brüstungselemente vom Boden getrennt und um 8cm nach innen versetzt.

Durch diesen Versatz entsteht zwischen den Brüstungselementen ein Hohlraum von 16cm (mit 2cm Toleranz) für den Einbau einer neuen Wärmedämmung.



*Abb.: 6.2.7- 2: 3-D-Modell, Kennzeichnung des Brüstungselement-Versatzes und Einbau der Wärmedämmung*

Parallel dazu werden die bisherigen Auflagerkonsolen der demontierten Brüstungselemente um 8cm vergrößert. Dadurch wird der größere Abstand zu den inneren Brüstungselementen gewährleistet.

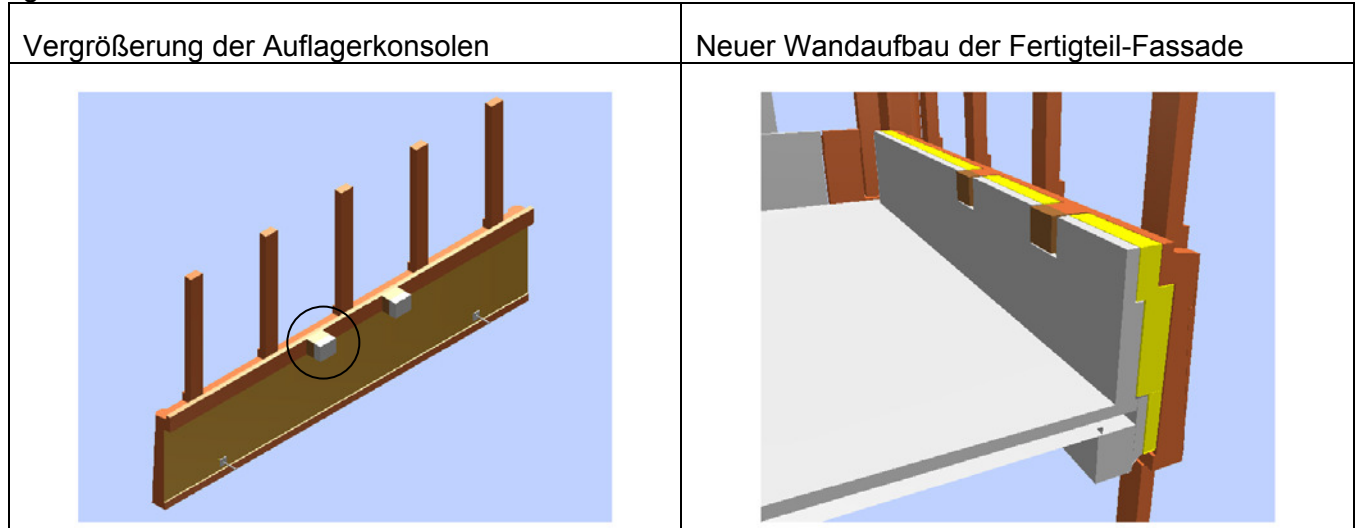


Abb.: 6.2.7- 3: 3-D-Modell Brüstungselement mit erweiterter Auflagerkonsole sowie neuem Wandaufbau durch Brüstungsversatz

Nach Einbau der Wärmedämmung und Fertigstellung der Auflagerkonsolen werden die Brüstungselemente mittels Autokran wieder im gleichen System in die inneren Brüstungselemente eingehängt.

### Vorteile

Sehr gute Reduzierung der Wärmeenergieverluste sowohl in der ungestörten Wandfläche als auch bei den Wärmebrücken.

Der Energieverlust über die Einbaufuge im Brüstungsbereich wird um  $\Psi = 0,755 \text{ W/mK}$  verringert.

Allein über diese Maßnahme (Auswirkung auf Fensterbrüstung/-leibung/sturz) senkt sich der Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$  (siehe Bericht Nullmessung) auf  $\Delta U_{WB} = 0,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ , welches einer Dämmdickeneinsparung über die gesamte Hüllfläche des Züblin-Hauses von 11% ausmachen würde.

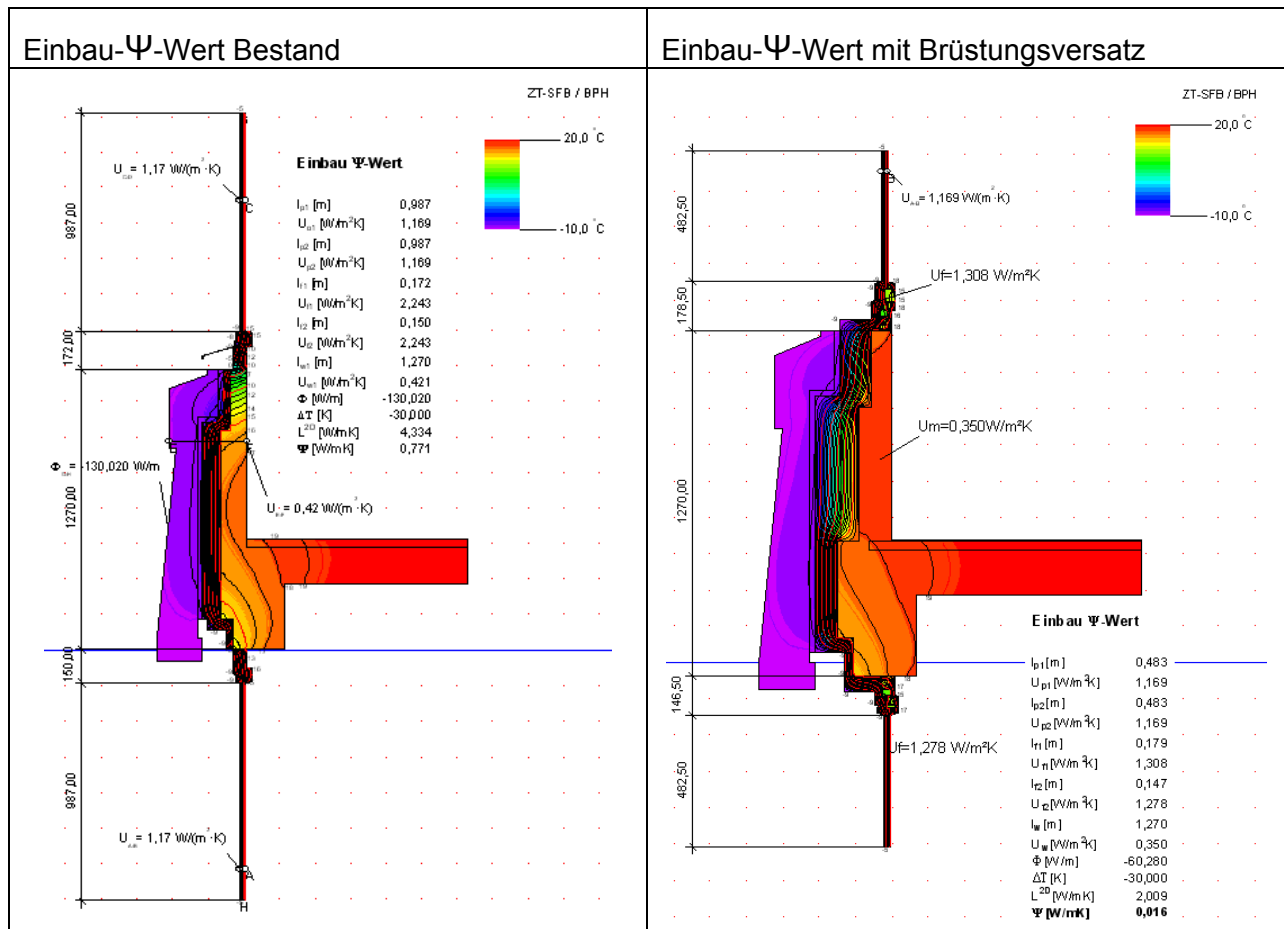


Abb.: 6.2.7- 4: Gegenüberstellung Einbau-Ψ-Wert bestehender WD zu WD d=16cm durch Brüstungsversatz

### Nachteile

Hoher Zeit- und Kostenaufwand. Die Flächen auf Höhe des Deckenspiegels und des Unterzuges können im Vergleich zum Bestand nicht höher gedämmt werden, sodass nicht komplett die gesamte Fassadenfläche auf 160 mm Dämmung erhöht werden kann.

Mit den Umbauarbeiten sind auch erhebliche Umzugs- und Mietkosten in andere Büroräume der Mitarbeiter gekoppelt.

Nutzflächenverlust der Büroräume durch Versatz der inneren Brüstungselemente um 8 cm nach innen.

### Auswirkungen auf Dritte

Rohbau-, Fassaden- als auch Ausbauarbeiten sind davon betroffen.

Kostenprognose (siehe Anlage)

Eine detaillierte Auflistung der anfallenden Kosten zu dieser Variante ist in der Anlage K2 enthalten.

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 1.187.140.-- € (ohne Austauschkosten der Fensterelemente)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

**6.2.8 opake Bauteile – Ergänzen der Innendämmung**

Im Folgenden wird die Variante einer Innendämmung untersucht.

Mit einer Dämmdicke der Innendämmung von 8 cm wird energetisch derselbe Wärmedurchlasskoeffizient erreicht wie mit 16 cm Außendämmung.

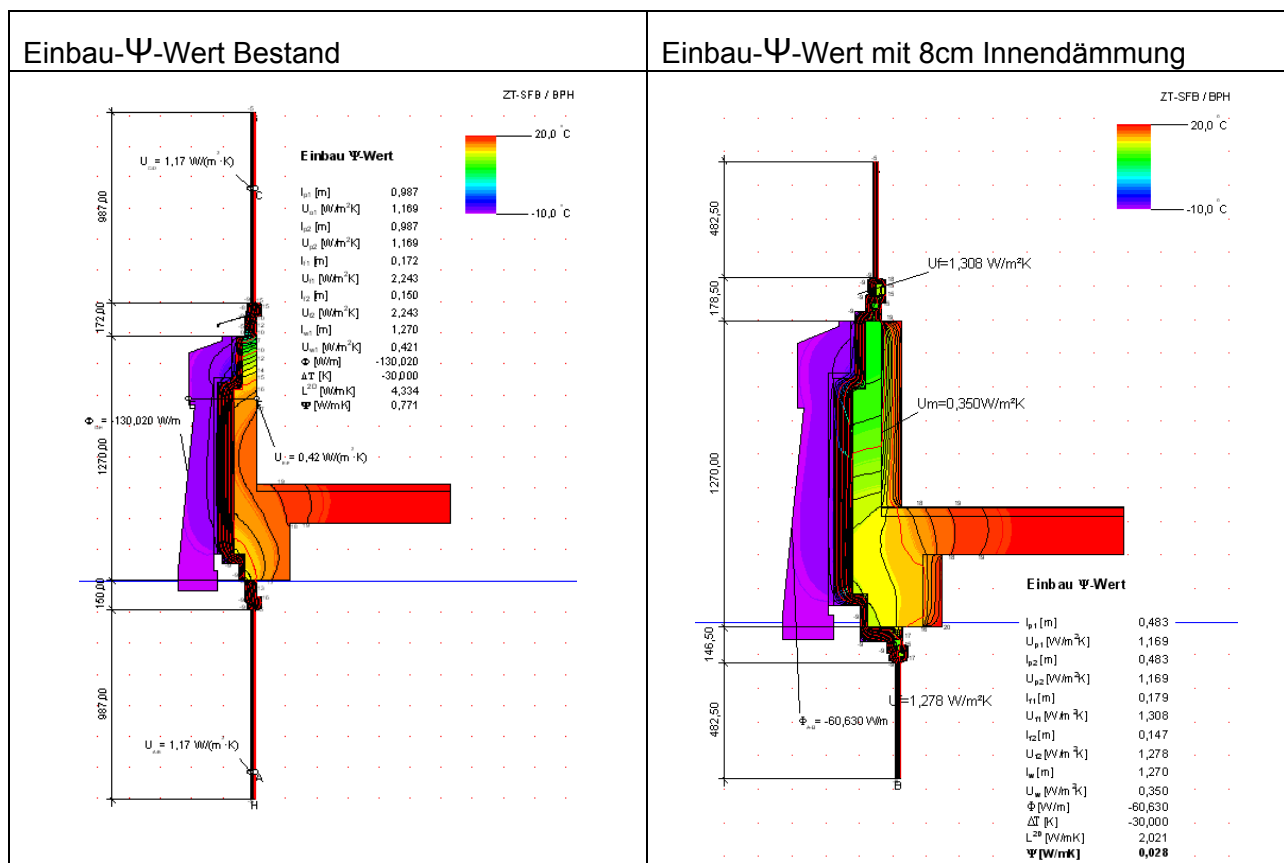


Abb.: 6.2.8- 1: Gegenüberstellung Einbau-Ψ-Wert bestehender WD zu zusätzlich raumseitig angebrachter Wärmedämmung

Zur Montage ist es nötig, sämtliche Brüstungskanäle zu demontieren.

Ebenso müssen Trockenbauwände, die an die Außenwände anschließen im Flankenbereich demontiert werden, so dass die Dämmung ungehindert auf die Brüstung aufgebracht werden kann. Als raumseitigen Abschluss ist eine Gipskarton-Verkleidung mit Dampfsperre (mit Dispersionsanstrich) vorgesehen.

### Vorteile

Deutlich geringere Bearbeitungskosten im Vergleich zum Versatz der Brüstungselemente.

Der Wärmebrückenverlust über die Einbaufuge im Brüstungsbereich wird um  $\Psi = 0,755 \text{ W/mK}$  verringert.

Allein über diese Maßnahme (Auswirkung auf Fensterbrüstung /-leibung /sturz) senkt sich der Wärmebrückenzuschlag von  $\Delta U_{WB} = 0,162 \text{ W/m}^2\text{K}$  (siehe Bericht der Nullmessung) auf  $\Delta U_{WB} = 0,050 \text{ W/m}^2\text{K}$ , was einer Dämmdickeneinsparung über die gesamte Hüllfläche des Züblin-Hauses von 11% ausmachen würde.

### Nachteile

Die Variante der innen- und außenseitig angebrachten Wärmedämmung von je 8cm Dicke weist einen fast doppelt so großen Einbau- $\Psi$ -Wert ( $\Psi = 0,028 \text{ W/mK}$ ) im Vergleich zur Variante Außenwanddämmung mit einer Dämmstärke von  $d=16\text{cm}$  ( $\Psi = 0,016 \text{ W/mK}$ ) auf.

Die Flächen auf Höhe des Deckenspiegels und des Unterzuges können im Vergleich zum Bestand nicht höher gedämmt werden, so dass nicht komplett die gesamte Fassadenfläche auf 160 mm Dämmung erhöht werden kann.

Um Bauteilschäden infolge Kondensats an Außenwandkonstruktionen zu vermeiden, muss beim Einbau einer Innendämmung eine Dampfsperre zwischen GK-Verkleidung und Wärmedämmung verlegt werden. Anschlussarbeiten und Gefahr von Perforation der Dampfsperre durch Befestigungsmaterialien sind nachteilig für diese Variante.

Auf Schalllängsleitung über die GK-Verkleidung muss geachtet werden.

Mit den Umbauarbeiten sind auch erhebliche Umzugs- und Mietkosten in andere Büroräume der Mitarbeiter gekoppelt.

Nutzflächenverlust der Büroräume durch Einbau der inneren Wärmedämmung von 10 cm.

### Auswirkungen auf Dritte

Bei dieser Veränderung an der Gebäudehülle sind Auswirkungen auf alle Ausbau-Gewerke zu bezeichnen.

Kostenprognose (siehe Anlage)

Eine detaillierte Auflistung der anfallenden Kosten zu dieser Variante ist in der Anlage K2 enthalten.

Die Kosten <sup>1)</sup> für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 201.788.-- € (ohne Austauschkosten der Fensterelemente)

1) reine Herstellkosten, ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall der Mitarbeiter, Projektleitung, Planung etc.

## 6.2.9 Bewertungsmatrix

### Bewertungsmatrix – Fensterverglasung / Fensterflügel

#### BEWERTUNGSMATRIX GEBÄUDEHÜLLE

| 1 Austausch der Fensterverglasung / Fensterflügel |   |   |                      |                                  |                          |  |                      |                                  |                          |   |                      |                                  |                |
|---|---|---|----------------------|----------------------------------|--------------------------|--|----------------------|----------------------------------|--------------------------|---|----------------------|----------------------------------|----------------|
| lfd. Nr.  | Zielsetzung   | Austausch der Fensterflügel, zur Verbesserung des U-Wertes und des g-Wertes (Sommer)<br>Maßnahme hat keine wesentlichen Auswirkungen auf Bestandskonstruktion |                      |                                  |                          |  |                      |                                  |                          |   |                      |                                  |                |
| lfd. Nr.  | Kriterium   | Austausch der Fensterverglasung:  |                      |                                  |                          | Austausch der Fensterflügel komplett<br>(mit Holzrahmen)   |                      |                                  |                          | Austausch der Fensterflügel komplett<br>(mit Passivhaus-Holzrahmen, 3-Scheibenvergl.)                 |                      |                                  |                |
| 1.1   | Machbarkeit (Statik, Anschluss an Bestandsrahmen)   |   |                      |                                  |                          |  |                      |                                  |                          |   |                      |                                  |                |
| 1.2   | Verbesserung U-Wert/ g<br>Bestand<br>Wärmeschutzverglasung<br>Sonnenschutzverglasung        | U <sub>g</sub> -Wert  | U <sub>w</sub> -Wert | g                                | T <sub>L</sub>           | U <sub>g</sub> -Wert   | U <sub>w</sub> -Wert | g                                | T <sub>L</sub>           | U <sub>g</sub> -Wert  | U <sub>w</sub> -Wert | g                                | T <sub>L</sub> |
| 3,00W/(m <sup>2</sup> K)                          |   | 2,60W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,80                 |                                  | 3,00W/(m <sup>2</sup> K) | 2,60W/(m <sup>2</sup> K)   | 0,80                 |                                  | 3,00W/(m <sup>2</sup> K) | 2,60W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,80                 |                                  |                |
| 1,10W/(m <sup>2</sup> K)                          |   | 1,60W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,61                 | 0,80                             | 1,10W/(m <sup>2</sup> K) | 1,60W/(m <sup>2</sup> K)   | 0,61                 | 0,80                             | 0,50W/(m <sup>2</sup> K) | 0,80W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,48                 | 0,70                             |                |
| 1.3   | Auswirkungen auf Schallschutz<br>Bestand<br>Wärmeschutzverglasung<br>Sonnenschutzverglasung | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen  |                      | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen |                          | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen   |                      | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen |                          | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen  |                      | Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen |                |
| Achse 0-11-30dB                                   |   | Achse 11-13-35dB  | Achse 0-11-30dB      | Achse 11-13-35dB                 | Achse 0-11-30dB          | Achse 11-13-35dB   | Achse 0-11-30dB      | Achse 11-13-35dB                 | Achse 0-11-30dB          | Achse 11-13-35dB  | Achse 0-11-30dB      | Achse 11-13-35dB                 |                |
| Achse 0-8-30dB                                    |   | Achse 8-13-35dB   | Achse 0-8-30dB       | Achse 8-13-35dB                  | Achse 0-8-30dB           | Achse 8-13-35dB  | Achse 0-8-30dB       | Achse 8-13-35dB                  | Achse 0-8-30dB           | Achse 8-13-35dB   | Achse 0-8-30dB       | Achse 8-13-35dB                  |                |
| 1.4   | Auswirkungen auf Feuchteschutz,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen                              |   |                      |                                  |                          | - dampfdichte Folie innenseitig<br>- winddichte Folie außenseitig anbringen  |                      |                                  |                          | - dampfdichte Folie innenseitig<br>- winddichte Folie außenseitig anbringen                           |                      |                                  |                |
| 1.5   | Auswirkungen auf Wärmebrückenausbildungen,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen                   | Ψ-Wert (Rand) wird größer<br>Verslechterung Ψ-Wert (Rand) = +0,02 W/mK<br>Bei Einbau einer Dämmleiste umlaufend (50x40mm) Verbesserung Ψ-Wert = -0,363 W/mK   |                      |                                  |                          | Bei Einbau einer Dämmleiste umlaufend<br>Verbesserung Ψ-Wert (Einbau) = -0,363 W/mK  |                      |                                  |                          | Bei Einbau einer Dämmleiste umlaufend<br>Verbesserung Ψ-Wert (Einbau) = -0,596 W/mK                   |                      |                                  |                |
| 1.6   | Umsetzbarkeit<br>Schwierigkeitsgrad<br>Besondere Maßnahmen                                  | Schwierigkeitsgrad: gering<br>Glasleisten entfernen, Isolierglas einbauen<br>-> neue Glasleisten und Anstrich Fensterrahmen                                   |                      |                                  |                          | Schwierigkeitsgrad: entspr. regulärer Austausch Fenster<br>-> Anstrich Fensterrahmen   |                      |                                  |                          | Schwierigkeitsgrad: entspr. regulärer Austausch Fenster<br>-> Anstrich Fensterrahmen                  |                      |                                  |                |
| 1.7   | Anzahl der Fensterflügel  | 3.145m <sup>2</sup> (reine Glasfläche)  |                      |                                  |                          | 4.494m <sup>2</sup> (Fensterfläche)  |                      |                                  |                          | 4.494m <sup>2</sup> (Fensterfläche)   |                      |                                  |                |
| 1.8   | Gesamtkosten des Austauschs, inkl. Entsorgung und sämtlicher Zusatzmaßnahmen                | 386.835,00 € / 544.085 <sup>1)</sup> € <sup>2)</sup><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)                                 |                      |                                  |                          | 1.695.361,50 € / 1.852.611,50 <sup>1)</sup> € <sup>2)</sup><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...) |                      |                                  |                          | 3.043.561,50 € <sup>2)</sup><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...) |                      |                                  |                |
| 1.9   | Entscheidung:   | Variante 1 mit Wärmeschutzvergl.  |                      |                                  |                          | Variante 2 mit Wärmeschutzverglasung + verbessertem Holzrahmen: siehe <sup>3)</sup>  |                      |                                  |                          | Variante 3  |                      |                                  |                |

1) 1. Wert mit Wärmeschutzverglasung / 2. Wert mit Sonnenschutzverglasung

2) Kostenaufstellung siehe Anlage

3) für Variante 2 weiterer Ansatz: U<sub>s</sub> = 1,4 W/m<sup>2</sup>K



**BEWERTUNGSMATRIX GEBÄUDEHÜLLE**

| 1        |   | Austausch der Fensterverglasung / Fensterflügel  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
|----------|---|--|---------------------------|----------|----------------------|--|----------------------------|--|--|--|--|
| lfd. Nr. | Zielsetzung   | Ertüchtigung der Fensterverglasung durch Aufbringung einer hochwertigen Folie zur Verbesserung des U-Wertes und des g-Wertes (Sommer)<br>Maßnahme hat keine wesentlichen Auswirkungen auf Bestandskonstruktion |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| lfd. Nr. | Kriterium   | Anbringung einer hochwertigen Folie auf Bestandsverglasung   |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.1      | Machbarkeit (Statik, Anschluss an Bestandsrahmen)                                   |  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.2      | Verbesserung U-Wert/ g<br>Bestand<br>Bestand + Folie                                | <b>U<sub>g</sub>-Wert</b>  | <b>U<sub>w</sub>-Wert</b> | <b>g</b> | <b>T<sub>L</sub></b> |  |                            |  |  |  |  |
|          |   | 3,00 W/(m <sup>2</sup> K)  | 2,60W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,80     |                      |  |                            |  |  |  |  |
|          |   | 1,36 W/(m <sup>2</sup> K)  | 1,80W/(m <sup>2</sup> K)  | 0,40     | 71                   |  |                            |  |  |  |  |
|          |   | --   | --                        | --       | --                   |  |                            |  |  |  |  |
| 1.3      | Auswirkungen auf Schallschutz<br>Bestand<br>Bestand + Folie                         | <b>Luftschalldämmwert, inkl. Rahmen</b>  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
|          |   | Achse 0-11-30dB  |                           |          |                      |  | Achse 11-13-35dB           |  |  |  |  |
|          |   | <b>keine Verbesserung!</b>   |                           |          |                      |  | <b>keine Verbesserung!</b> |  |  |  |  |
|          |   | --   | --                        | --       | --                   |  |                            |  |  |  |  |
| 1.4      | Auswirkungen auf Feuchte-schutz,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen                     | keinen Einfluss / keine Verbesserung   |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.5      | Auswirkungen auf Wärmebrückenausbildungen,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen           | keinen Einfluss / keine Verbesserung   |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.6      | Umsetzbarkeit<br>Schwierigkeitsgrad<br>Besondere Maßnahmen                          | Reinigung der Bestandsverglasung, korrekter und sauberer Anschluss an Bestandsabdichtung erforderlich  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.7      | Anzahl der Fensterflügel  | 3.145m <sup>2</sup> (reine Glasfläche)   |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.8      | <b>Gesamtkosten</b> des Austauschs, inkl. Entsorgung und sämtlicher Zusatzmaßnahmen | <b>279.905,- € <sup>1)</sup></b><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |
| 1.9      | Entscheidung:   | <b>Variante 1a, Alternative zu Var. 1</b>  |                           |          |                      |  |                            |  |  |  |  |

<sup>1)</sup> Kostenaufstellung inkl. Reinigung

**Bewertungsmatrix – opake Bauteile**

| 1        |   | Verbesserung U-Wert opake Bauteile (Brüstungselemente)   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
|----------|---|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|
| lfd. Nr. | Zielsetzung   | Anpassen der U-Werte an das Referenz-Gebäude nach EnEV2009   |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| lfd. Nr. | Kriterium   | zusätzliche Innendämmung:  |  |  | Brüstungselement nach innen versetzt mit erhöhter Außendämmung   |  |  | Außendämmung mit Perlite-Schüttung  |  |  |  |
| 1.1      | Machbarkeit (Statik, Anschluss an Bestandsrahmen)                                   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 1.2      | Verbesserung U-Wert<br>Bestand<br>Sanierung   | <b>U-Wert</b>  |  |  | <b>U-Wert</b>  |  |  | <b>U-Wert</b>   |  |  |  |
|          |   | 0,51W/(m <sup>2</sup> K)   |  |  | 0,51W/(m <sup>2</sup> K)   |  |  | 0,51W/(m <sup>2</sup> K)  |  |  |  |
|          |   | 0,35W/(m <sup>2</sup> K)   |  |  | 0,35W/(m <sup>2</sup> K)   |  |  | 0,548W/(m <sup>2</sup> K)   |  |  |  |
|          |   |  |  |  |  |  |  |   |  |  |  |
| 1.3      | Auswirkungen auf Schallschutz   | für Außenlämschutz keine zu erwarten, im Innenbereich sind hinsichtlich der Schalllängsleitung in Teilbereichen Maßnahmen zu treffen, um Schallschutz im Innenbereich einhalten zu können, umsetzbar |  |  | keine  |  |  | Steifigkeit der Perlite-Schüttung uns Auswirkungen auf Luftschallschutz nicht weiter untersucht<br>→ Entscheidung unten   |  |  |  |
| 1.4      | Auswirkungen auf Feuchte-schutz,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen                     | - Dampfsperre innenseitig notwendig.   |  |  |  |  |  | - Folien für Perlite-Schüttung stellen Dampfbremse an falscher Stelle im Bauteil dar.   |  |  |  |
| 1.5      | Auswirkungen auf Wärmebrückenausbildungen,<br>inkl. notwendigen Maßnahmen           | Ψ-Wert = 0,028 W/mK  |  |  | Ψ-Wert = 0,016 W/mK  |  |  | Ψ-Wert = 0,295 W/mK   |  |  |  |
| 1.6      | Umsetzbarkeit<br>Schwierigkeitsgrad<br>Besondere Maßnahmen                          | - möglich<br>- Demontage aller Brüstungskanäle und Trockenbauwände   |  |  | - sehr schwierig, aufwendig und kostenintensiv<br>- Rückbau der Fassadenelemente, Trennen der inneren Brüstungselemente und Versatz nach innen, Vergrößern der Auflager-Konsolen, Wiedereinbau |  |  | - nicht möglich, da notwendige Folien (Hohlraum für Schüttung)brandschutzbedingt nicht zulässig sind.<br>- vorhandene Dämmung ohne Rückbau der Fass.-Elemente nicht zuverlässig ausgebaut werden kann |  |  |  |
| 1.7      | Anzahl der Fensterflügel  | 3057m <sup>2</sup> (Fläche Innendämmung)   |  |  | 3619m <sup>2</sup> (Fläche Außendämmung)   |  |  | 3619m <sup>2</sup> (Fläche Außendämmung)  |  |  |  |
| 1.8      | <b>Gesamtkosten</b> des Austauschs, inkl. Entsorgung und sämtlicher Zusatzmaßnahmen | <b>201.778 € <sup>1)</sup></b><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)  |  |  | <b>1.187.140 € <sup>1)</sup></b><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)  |  |  | <b>315.255 € <sup>1)</sup></b><br>(Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)   |  |  |  |
| 1.9      | Entscheidung:   | <b>Variante 2</b>  |  |  | <b>zu teuer</b>  |  |  | <b>zu teuer, schlechterer Wärmeschutz</b>   |  |  |  |

<sup>1)</sup> Kostenaufstellung siehe Anlage

Abb.: 6.2.9- 1:: Tabellarische Gegenüberstellung der vorher beschriebenen Varianten

### 6.3 Züblinhaus - TGA-Anlagen

Die in AP 4 erstellte Innovationsliste wurde in Bezug auf das Züblin-Haus ausgewertet und hinsichtlich der Einsatzmöglichkeit von Komponenten für die Hauptverwaltung untersucht. Bei dem Gebäude aus 1985 sind die Potentiale vor allem in der Energieerzeugung, der Energieverteilung und in der Beleuchtungstechnik zu suchen. Die Nullmessung hat in diesen Bereichen erste Hinweise gegeben, diese wurden systematisch untersucht, die am erfolgversprechenden sind nachfolgend aufgelistet.

Kurzbeschreibung:

| Beschreibung | Option 1<br>Wärmeerzeugerersatz durch Brennwertkessel  | Option 2<br>Wärmeerzeugerersatz durch Blockheizkraftwerk   | Option 3<br>Wärmeerzeugerersatz durch Geothermie und Wärmepumpe   |
|--------------|--|--|---|
| Potential    | Brennwertkessel nutzen die Kondensationswärme des Wasserdampf im Abgas und haben einen sehr guten Teillastwirkungsgrad. Beide Eigenschaften führen zu Brennstoffeinsparung | BHKW's erzeugen elektrischen Strom. Die Abwärme kann zur Gebäudebeheizung genutzt werden. Ein BHKW kann daher sehr viel Primärenergie einsparen. | Erdwärme kann mit der Unterstützung einer Wärmepumpe für die Beheizung genutzt werden. Da deren Strombedarf kleiner als der Wärmegewinn ist, kann Energie eingespart werden |

| Beschreibung | Option 4<br>Wärmeerzeugung über Abwasserkanal und Wärmepumpe   | Option 5<br>Erneuerung der Raumregelung und Verteilleitungen   | Option 6<br>Energierückgewinnung bei Aufzügen  |
|--------------|--|--|--|
| Potential    | Statt der Erdwärme wird das Energiepotential des Abwassers in Verbindung mit einer Wärmepumpe genutzt. | Eine abgestimmte Verteilung und genaue Raumregelung kann ein Überheizen des Raumes wirksam verhindern und führt so zu geringerem Energiebedarf | Die Bremsenergie von Aufzügen kann in elektrische Energie rückgewandelt werden, wodurch die Primärenergiebilanz verbessert wird. |

|              |   |   |  |
|--------------|---|---|--|
| Beschreibung | Option 7<br>Reduzierung Stand-by-Betrieb der Büro-EDV   | Option 8<br>Einsatz von LED – (Lichtemittierende Dioden) Beleuchtung  | Option 9<br>Händetrocknung mit innovativer Technik   |
| Potential    | Nicht ausgeschaltete Geräte benötigen auch ungenutzt viel Energie, diese kann reduziert werden. | Der Einbau von effizienter Beleuchtungstechnik spart elektrische Energie und reduziert den Wärmeeintrag im Raum | Im Gebäudebetrieb fallen hohe Kosten für die Händetrocknung in WC-Anlagen an. Diese können mit innovativer Technik reduziert werden und der Ressourcenbedarf enorm gesenkt werden. |

|              |  |   |
|--------------|--|---|
| Beschreibung | Option 10<br>Dezentrale Lüftung mit Ökolüfter  | Option 11<br>Primärenergiegutschrift durch Photovoltaik   |
| Potential    | Zentrale Lüftungsanlagen benötigen viel Platz für die Luftverteilung. Über dezentrale Anlagen kann Dieser eingespart werden und dennoch eine Belüftung mit Wärmerückgewinnung realisiert werden. | Solare Strahlungsenergie kann über eine Photovoltaikanlage in elektrischen Strom umgewandelt werden. Dieser verbessert die Primärenergiebilanz enorm. |

### 6.3.1 Option 1 - Wärmerzeugersersatz durch Brennwertkessel

#### Beschreibung<sup>1</sup>:

Die Brennwerttechnik ist eine effiziente Technik, Erdgas oder Heizöl durch Verbrennung in Nutzwärme umzuwandeln. Sie folgt dabei wie die Niedertemperaturtechnik dem Gedanken, den Heizkessel nur mit der Temperatur zu betreiben, die zur Deckung des aktuellen Heizwärmebedarfs notwendig ist.

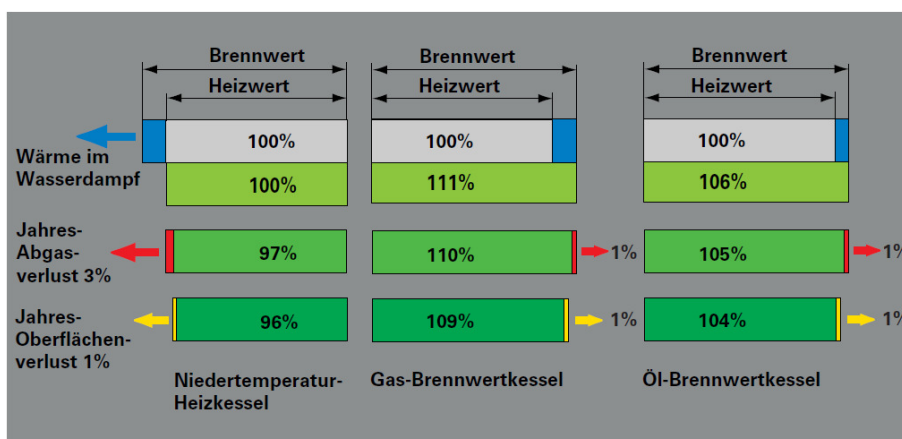
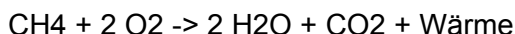


Abb.: 6.3.1- 1: Vergleich der Verluste bei Niedertemperatur- und Brennwerttechnik (Quelle: Viessmann)

Während bei Niedertemperatur-Heizkesseln ein Kondensieren der Heizgase und damit ein Feuchtwerden der Heizflächen vermieden werden muss, sieht dies bei der Brennwerttechnik anders aus: Hier ist ein Kondensieren der Heizgase ausdrücklich gewünscht, um die im Wasserdampf enthaltene latente (versteckte) Wärmeenergie zusätzlich zur sensiblen (fühlbaren) Wärme des Abgases nutzbar zu machen. Zusätzlich wird die über die Abgasanlage abgeführte Restwärme erheblich reduziert, da die Abgastemperatur gegenüber Niedertemperatur-Heizkesseln deutlich gesenkt werden kann. Bei der Verbrennung von Heizöl oder Erdgas, die beide überwiegend aus Verbindungen von Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) bestehen, entsteht durch die Reaktion mit dem Luftbestandteil Sauerstoff (O<sub>2</sub>), Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O). Für Erdgas (Methan CH<sub>4</sub>) lautet die vereinfachte Verbrennungsgleichung:



Der theoretische Wärmegewinn gegenüber der Niedertemperaturtechnik beträgt bei Erdgas 11%. Bei Heizöl können maximal 6% zusätzlicher Brennwertnutzen erzielt werden.

<sup>1</sup> Beschreibung in Anlehnung an Fachreihe Brennwerttechnik der Viessmann Werke

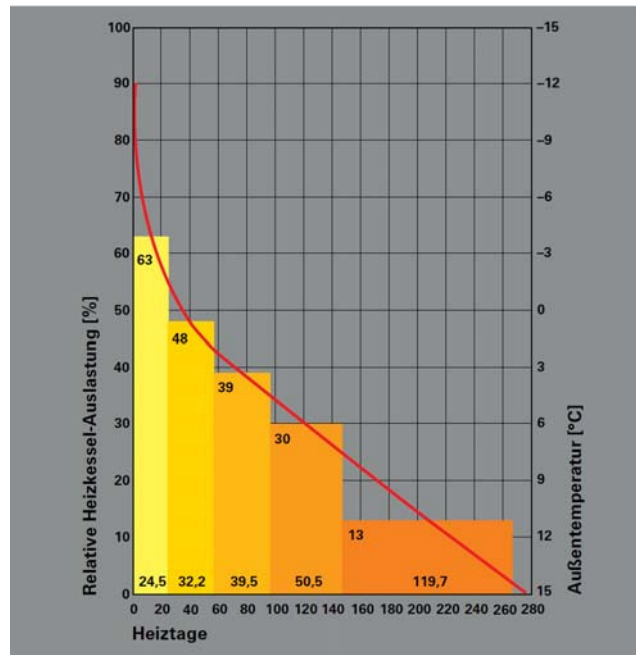


Abb.: 6.3.1- 2: Bestimmung des Norm-Nutzungsgrades nach DIN 4702, Teil 8 (Quelle: Viessmann)

Die Verdampfungswärme konnte früher nicht genutzt werden, da die technischen Möglichkeiten dafür noch nicht existierten. Für alle Nutzungsgrad-Berechnungen wurde daher der Heizwert ( $H_i$ ) als Bezugsgröße gewählt. Durch die zusätzliche Nutzung der Verdampfungswärme und den Bezug auf  $H_i$  können somit Nutzungsgrade von über 100% entstehen.

Der Wärmeenergiegewinn eines Brennwert- gegenüber einem Niedertemperatur-Wärmeerzeuger resultiert nicht ausschließlich aus dem Kondensationswärmegewinn, sondern zu einem wesentlichen Anteil aus einem geringeren Abgasverlust, der aus niedrigen Abgastemperaturen resultiert.

Eine grundsätzlich energetische Bewertung lässt sich an Hand des Kesselwirkungsgrades durchführen.

Gegenüber einem konventionellen Heizkessel wird die Formel für den Kesselwirkungsgrad um den Kondensationsanteil erweitert. Neben den brennstoffspezifischen Konstanten  $H_s$  und  $H_i$  (Brenn- und Heizwert) wird der Kondensationsanteil durch die variable Größe Kondensatzahl  $\alpha$  bestimmt. Sie gibt das Verhältnis der in einem Brennwertkessel tatsächlich anfallenden Kondenswassermenge zu der theoretisch möglichen Kondenswassermenge an.

Je größer die tatsächliche Kondenswassermenge, umso effektiver ist der Brennwertkessel.

Je niedriger die Abgastemperatur ist, umso größer ist die Kondenswassermenge und damit die Kondensatzahl  $\alpha$ . Gleichzeitig wird durch eine niedrigere Abgastemperatur, z. B. gegenüber

einem Niedertemperatur- Heizkessel, auch der Abgasverlust geringer. Dies bedeutet, dass bei Brennwertkesseln neben dem Kondensationswärmegewinn eine bessere Energieausnutzung zusätzlich auch aus einem geringeren Abgasverlust resultiert.

### Nutzungsgrad

Für den Nachweis der Energieausnutzung von modernen Heizkesseln wird der nach DIN 4702, Teil 8 festgelegte Norm-Nutzungsgrad herangezogen. Er ist definiert als das Verhältnis der innerhalb eines Jahres abgegebenen Nutzwärmemenge zu der dem Wärmeerzeuger zugeführten Feuerungswärmemenge (bezogen auf den Heizwert des Brennstoffes).

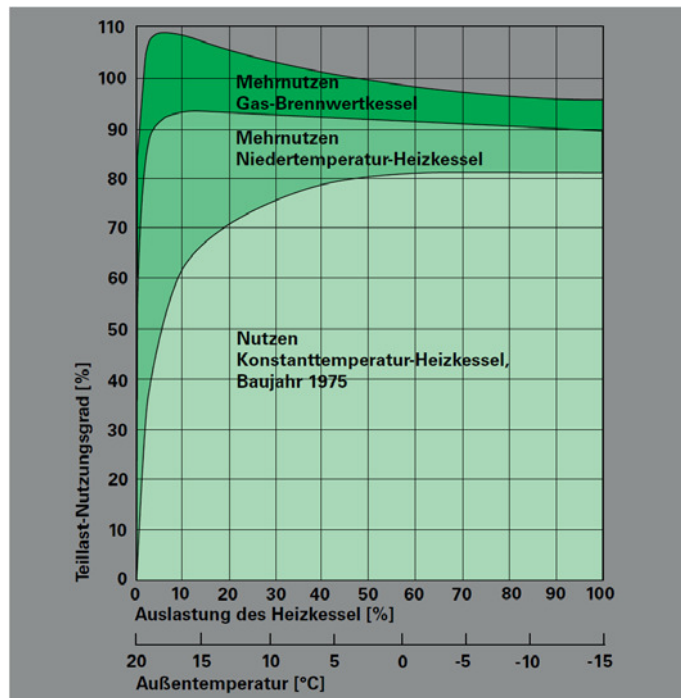


Abb.: 6.3.1- 3: Teillast-Nutzungsgrade für verschiedene Heizkessel in Abhängigkeit der Kesselauslastung für (Quelle: Viessmann)

### Auslegung der Nenn-Wärmeleistung

Die Auslegung eines Heizkessels erfolgt so, dass bei der tiefsten auftretenden Außentemperatur der Wärmebedarf vollständig gedeckt werden kann. Die Auslegungstemperaturen liegen für Deutschland bei -10 bis -16°C. So geringe Temperaturen werden im Tagesmittel allerdings nur höchst selten erreicht, so dass der Heizkessel nur an wenigen Tagen im Jahr seine volle Leistung bereitstellen muss. In der übrigen Zeit werden nur Bruchteile der Nenn-Wärmeleistung benötigt. Über ein Jahr betrachtet, liegt der Schwerpunkt der benötigten Heizwärme bei Temperaturen oberhalb des Gefrierpunktes (0 bis 5°C).

Daraus ergibt sich, dass die mittlere Auslastung von Heizkesseln über ein Jahr betrachtet bei weniger als 30% liegt.

### Vorteile:

Gerade bei geringen Auslastungen wird der Vorteil der Brennwerttechnik deutlich: Der Konstanttemperatur-Heizkessel verursacht mit abnehmender Auslastung erhebliche Verluste, da auch bei niedrigen Heizsystemtemperaturen die Kesseltemperatur auf hohem Niveau gehalten werden muss. Dadurch steigt der Anteil der Abstrahlverluste am Gesamtenergieeinsatz stark an und verringert so den Nutzungsgrad.

Brennwertgeräte dagegen weisen gerade bei geringen Auslastungen einen besonders guten Nutzungsgrad auf, da dann aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus des Heizwassers der Brennwerteffekt besonders effektiv ist.

### Nachteile:

Bei einem Kesselaustausch muss im Bestand meist der Schornstein saniert werden bzw. nachgerüstet werden, da die durch die Kondensation abgekühlten Abgase an der Schornsteinwand kondensieren und Bauschäden verursachen.

Das anfällige Kondensat muss vor der Entsorgung neutralisiert werden, da das saure Wasser nicht direkt in die Kanalisation abgeleitet werden darf.

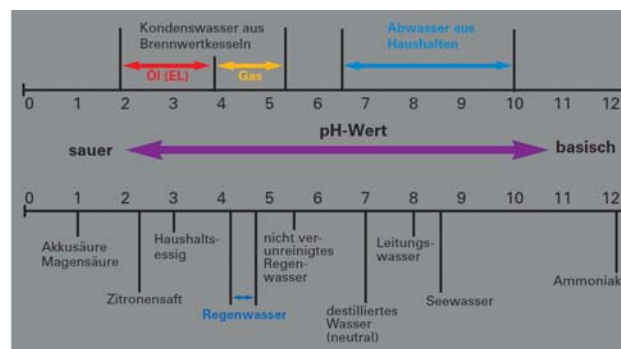


Abb.: 6.3.1- 4: pH-Wert verschiedener Stoffe (Quelle: Viessmann)

### Auswirkungen auf Dritte:

Der Schornstein muss gegebenenfalls ersetzt werden.

### Kostenprognose:

Die Kosten für diese Saniermaßnahme belaufen sich:

- auf ca. 40.000.- € ohne Schornsteinsanierung

### 6.3.2 Option 2 - Wärmeerzeugersersatz durch Blockheizkraftwerk

Beschreibung und Betrachtung der Wirtschaftlichkeit:

Blockheizkraftwerke sind dezentrale Wärme- und Stromerzeuger. Der energetische Vorteil gegenüber zentralen Heizkraftwerken liegt u. a. bei den deutlich geringeren Energieübertragungsverlusten, d.h. der Nutzenergieanteil beim Verbraucher ist größer. Blockheizkraftwerke können mit konventionellen Brennstoffen wie Gas und Flüssigbrennstoffen oder regenerativen Brennstoffen wie Bio-, Faulgas, etc. betrieben werden. Es gibt auch einige Pilotanlagen die nicht Verbrennungsmotoren, sondern mit Brennstoffzellen oder Stirlingmotoren betrieben werden.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

Abb.: 6.3.2- 1: Bewertung der Innovation im REG Bericht: Innovative Lösungen für Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick

Blockheizkraftwerke können entweder nach dem Strom- oder dem Wärmebedarf ausgelegt werden. Der Betrieb eines BHKW wird besonders interessant durch die subventionierten Vergütungen die entsprechend dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) und beim Einsatz regenerativer Brennstoffe auch durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) gewährt werden. Vor allem die Neuerungen des KWKG sollen die Verbreitung von BHKW noch weiter fördern. Im Wesentlichen bestehen die Neuerungen darin, dass für die Gewährung der Subventionen zum einen die Begrenzung der Größenordnung von BHKW von zwei MW aufgehoben wurde und zum anderen, dass die Zuschläge für den gesamten erzeugten Strom gelten und nicht wie bisher nur für den in das öffentliche Netz eingespeisten Strom.

Der erste Schritt für die optimale Auslegung eines BHKW ist der möglichst wirtschaftliche Betrieb, d.h. möglichst große Laufzeiten. Die Grundlage dafür bildet die Jahresdauerlinie, die die Häufigkeit der erforderlichen Heizleistung über die Stundenzahl darstellt. Es gibt verschiedene Möglichkeiten für die Erstellung der Jahresdauerlinie. In diesem Fall wird die Jahresdauerlinie mit Hilfe der Gradtagszahlen erstellt.



Für den Standort der Züblin Hauptverwaltung werden die gemessenen Wetterdaten aus dem Jahr 2006 verwendet, um die Jahresdauerlinie zu erstellen, da dessen jährliche Gradtagszahl sehr nahe an der des Test-Referenzjahres liegt. Es wird erst ab einer Unterschreitung der Außentemperatur von 15 °C geheizt, also wird der Bereich ab 14 °C bis zur niedrigsten aufgetretenen Temperatur des Jahres von - 9 °C dargestellt. Für jede Temperatur (Schritte von 1 K) wird die relative Heizleistung HK  $\varphi$  und die Dauer  $t$  ermittelt. Die Werte werden wie folgt berechnet:

$$\varphi_{HK} = \frac{v_i - v_a}{v_i - v_{a,n}}$$

mit

$v_i$  = Norminnentemperatur (20 °C),  $v_a$  = betrachtete Außentemperatur

$v_{a,n}$  = Normaußentemperatur (hier die niedrigste gemessene Temperatur - 9 °C)

$$t \left[ \frac{d}{a} \right] = \frac{\sum GTZ_{v_a} \left[ \frac{Kd}{a} \right]}{v_i - v_a [K]}$$

Die Tage werden für die Jahresdauerlinie in Stunden umgerechnet. Für das Gebäude der Züblin Hauptverwaltung wird das BHKW nach der Heizlast ausgelegt. Gewählt wurde ein BHKW mit einer Heizleistung von 333 kW. Es soll mit Erdgas betrieben werden. Bei voller Heizleistung erzeugt das BHKW eine elektrische Leistung von 201 kW.

Das Einsatzfeld des BHKW wird als Block in das Diagramm eingezeichnet, mit dem Ziel, dass möglichst keine Freiräume entstehen bzw. die beiden Flächen außerhalb der Schnittpunkte etwa gleich sind. So erhält man die maximale Betriebszeit des BHKW. Es läuft bei einer Heizlastabdeckung von 32 % 5.538 h im Jahr (die Heizlast des Gebäudes beträgt 1.041 kW – Daten aus der 18599-Berechnung). Parallel wird noch ein Kessel für die Spitzenabdeckung betrieben.

Zur Kontrolle wird die Heizlast des Gebäudes als Funktion der monatlichen Verbrauchswerte über die Stunden im Jahr dargestellt. Man kann erkennen, dass der tatsächliche und der theoretisch ermittelte Verlauf etwa übereinstimmen. Die Abweichung in der Höhe des Heizwärmebedarfs kommt von dem Warmwasserbedarf, der von der Heizung mit gedeckt wird. Hieraus lässt sich ableiten, dass das BHKW im praktischen Betrieb über die Jahresvollbenutzungsstundenzahl von 5.538 h/a ausgelastet werden kann.

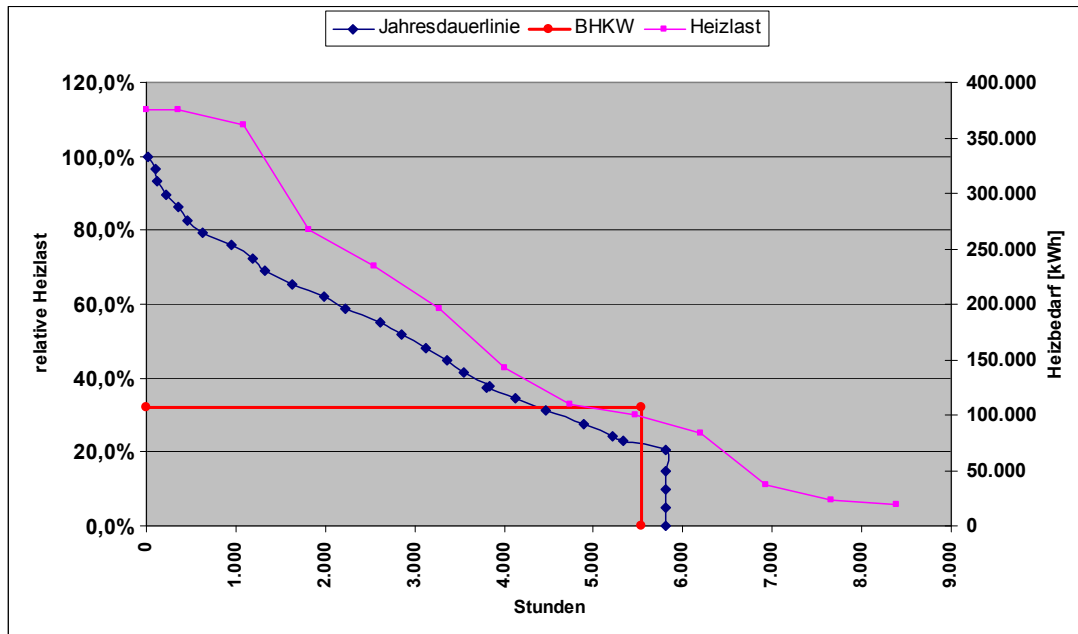


Abb.: 6.3.2- 2: Jahresdauerlinie mit BHKW

Der jährliche Wärmebedarf und die Abdeckung des Bedarfs durch das BHKW werden bilanziert mit Hilfe der Formblätter aus der VDI 2067. Dabei wird der Leistungsbedarf, der durch das BHKW gedeckt wird, über die monatliche Gradtagszahl berechnet. Dafür wird die Gradtagszahl in Stunden umgerechnet und mit der Leistung des BHKW multipliziert. Der Jahreswirkungsgrad ist als Standardwert aus dem Nachschlagewerk „Rechnagel- Sprenger 2007/08, Taschenbuch für Heizung- und Klimatechnik“ entnommen. Die überschüssige Stromerzeugung muss nicht gesondert bilanziert werden, da es im Hinblick auf die Vergütung gemäß dem KWK-G gleichgültig ist ob der Strom eingespeist oder selber genutzt wird.

| Monat             | Wärme                 |  |                  |                     |                | Strom            |                     |                   |                                 |                              |
|-------------------|-----------------------|--|------------------|---------------------|----------------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|
|                   | Energie Eingang [kWh] | Feuerungst. Wirkungsgrad $\eta$ der Anlage | Bedarf [kWh]     | Deckung des Bedarfs |                | Bedarf [kWh]     | Deckung des Bedarfs |                   | Überschuss Stromerzeugung [kWh] | Erzeugung KWK-Aggregat [kWh] |
|                   |                       |  |                  | KWK-Aggregat [kWh]  | Kessel [kWh]   |                  | KWK-Aggregat [kWh]  | Zusatzstrom [kWh] |                                 |                              |
| Jan               | 407.601               | 0,92                                       | 374.993          | 231.801             | 143.192        | 147.874          | 139.081             | 8.793             | 0                               | 139.081                      |
| Feb               | 393.444               | 0,92                                       | 361.968          | 186.114             | 175.855        | 140.875          | 111.668             | 29.207            | 0                               | 111.668                      |
| März              | 254.443               | 0,92                                       | 234.088          | 177.223             | 56.865         | 153.303          | 106.334             | 46.969            | 0                               | 106.334                      |
| Apr               | 154.557               | 0,92                                       | 142.192          | 109.357             | 32.835         | 138.071          | 65.614              | 72.457            | 0                               | 65.614                       |
| Mai               | 109.265               | 0,92                                       | 100.524          | 46.254              | 54.270         | 150.838          | 27.752              | 123.086           | 0                               | 27.752                       |
| Jun               | 25.660                | 0,92                                       | 23.607           | 23.607              | 0              | 152.984          | 14.164              | 138.820           | 0                               | 14.164                       |
| Jul               | 21.248                | 0,92                                       | 19.548           | 0                   | 19.548         | 179.506          | 0                   | 179.506           | 0                               | 0                            |
| Aug               | 90.208                | 0,92                                       | 82.991           | 26.940              | 56.052         | 152.857          | 16.164              | 136.693           | 0                               | 16.164                       |
| Sep               | 39.656                | 0,92                                       | 36.484           | 11.655              | 24.829         | 150.768          | 6.993               | 143.775           | 0                               | 6.993                        |
| Okt               | 119.593               | 0,92                                       | 110.026          | 74.725              | 35.300         | 151.403          | 44.835              | 106.568           | 0                               | 44.835                       |
| Nov               | 212.777               | 0,92                                       | 195.755          | 128.471             | 67.283         | 152.604          | 77.083              | 75.521            | 0                               | 77.083                       |
| Dez               | 290.285               | 0,92                                       | 267.062          | 167.666             | 99.397         | 145.090          | 100.599             | 44.491            | 0                               | 100.599                      |
| <b>Summe Jahr</b> | <b>2.118.737</b>      |  | <b>1.949.238</b> | <b>1.183.813</b>    | <b>765.426</b> | <b>1.816.173</b> | <b>710.288</b>      | <b>1.105.886</b>  | <b>0</b>                        | <b>710.288</b>               |

Tabelle: 6.3.2- 1: Bilanzierung Wärmejahresganglinie BHKW, Züblin-Haus

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

#### Abschreibung über wirtschaftliche Lebensdauer (15 Jahre):

In der nachfolgenden Tabelle sind die Energieerträge und die damit verbundenen Kosten für die bestehende sowie die zu betrachtende alternative Anlage zusammengestellt:

| Anlage ZH                |                | Energie Eingang [kWh/a] | Kosten Energie [€/a] | nutzbare Heizenergie [kWh/a] |
|--------------------------|----------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|
| <b>Bestehende Anlage</b> | Kessel alleine | 2.118.737               | 113.338              | 1.949.238                    |
| <b>BHKW Konzept</b>      | BHKW           | 2.117.733               | 113.284              | 1.183.813                    |
|                          | Kessel Rest    | 831.984                 | 44.505               | 765.426                      |
|                          | Summe          | 2.949.717               | 157.789              | 1.949.238                    |
|                          | Zusatz Strom   |                         |                      | 710.288                      |

Tabelle: 6.3.2- 2: Übersicht Kosten für Energie der zu vergleichenden Anlagen

Das BHKW und die Restabdeckung der Kessel verbrauchen mehr Energie als die ursprüngliche Heizanlage. Dabei entstehen **Mehrkosten von 44.452 €/a**. Zusätzlich zur Heizenergie liefert das BHKW jedoch 710.287,5 kWh Strom. Aktuell bezahlt die Ed. Züblin AG 9,24942 ct/kWh für eine kWh Wärme. In dem Betrag sind bereits alle Steuern und Abgaben berücksichtigt (ausgenommen der Mehrwertsteuer). Es gibt keine Unterscheidung zwischen Hochtarif (HT) und Niedertarif (NT). Da Züblin aber mehr als 100.000 kWh pro Jahr abnimmt, gilt ein ermäßigter Stromtarif. Nach dem KWK-Gesetz wird jede kWh aus den ersten 50 kW<sub>el</sub>

Anlagenleistung mit 5,11 ct/kWh und jede weitere mit 2,1 ct/kWh bezuschusst. Dies gilt für eine Laufzeit von 6 Jahren. Danach entfällt der Zuschuss. 50 kW Anlagenleistung bedeuten bei einer Gesamtleistung von 201 kW<sub>el</sub> einen Anteil von 24,88 %, d.h. dass 24,88% der erzeugten Energie mit dem höheren Zuschuss vergütet werden. Zusätzlich werden BHKW mit einem Jahresnutzungsgrad von mehr als 70 % und einer Leistung von weniger als 2000 kW von der Mineralöl- und Stromsteuer befreit. Die Stromsteuer beträgt 2,05 ct/kWh. Die Ersparnis der Mineralölsteuer setzt sich wie folgt zusammen:

$$\text{Steuer für Erdgas} = 0,55 \text{ ct/kWh (Ho)} * 1,1 = 0,605 \text{ ct/kWh (Hu)}.$$

Für den elektrischen Wirkungsgrad von 33,7 % bedeutet das eine Ersparnis von

$$\frac{0,605 \text{ ct / kWh}}{0,337} = \underline{1,795 \text{ ct / kWh}} .$$

Daraus ergibt sich eine Gesamtersparnis von 3,845 Ct/kWh.

Allerdings müssen auch die Wartungskosten für das BHKW berücksichtigt werden. Aus der Veröffentlichung der ASUE „BHKW-Kenndaten 2005“ wird ein Richtwert für die Wartungskosten von 1,375 Ct/kWh<sub>el</sub> pro Jahr ermittelt. Damit kommt man auf folgende Ergebnisse:

| Strom [kWh/a]                  | Ertrag          | Vergütung [€/kWh] | Summe [€/a]     |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 710.288                        | Eigennutzung    | 0,0924942         | 65.697 €        |
| 176.720                        | KWK-G Vergütung | 0,0511            | 9.030 €         |
| 533.568                        | KWK-G Vergütung | 0,021             | 11.205 €        |
| 710.288                        | Steuerersparnis | 0,03845           | 27.310,55 €     |
| 710.288                        | Wartungskosten  | 0,01375           | -9.766,45 €     |
| <b>Gesamtertrag</b>            |                 |                   | 103.477 €       |
| <b>Mehrkosten</b>              |                 |                   | 44.452 €        |
| <b>Ersparnis erste 6 Jahre</b> |                 |                   | <b>59.025 €</b> |
| <b>Ersparnis Restlaufzeit</b>  |                 |                   | <b>38.790 €</b> |

Tabelle: 6.3.2- 3: Einsparungen pro Jahr durch BHKW

Das BHKW hat eine wirtschaftliche Lebensdauer von 15 Jahren. Es wird von einem Abschreibungszins von 5 % ausgegangen. Daraus ergibt sich aus Tabelle A8, VDI 2067 ein

Annuitätsfaktor von 0,0963. Für eine schlüsselfertige Anlage (d.h. direkt Betriebsfähig) wird vom Hersteller ein Preis von 225.000 €.

| Preis Anlage             | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|--------------------------|-----------------|---------------------|
| 225.000 €                | 0,0963          | 21.668 €            |
| Gewinn erste<br>6 Jahre  |                 | 37.358 €            |
| Gewinn<br>Restlaufzeit   |                 | 17.122 €            |
| Gesamtgewinn<br>15 Jahre |                 | <b>378.249 €</b>    |

*Tabelle: 6.3.2- 4: Gewinne nach 15 Jahren Laufzeit*

Durch die Vergünstigungen des KWK-Gesetzes werden gerade in den ersten 6 Jahren deutliche Gewinne erzielt. Nach Ablauf der Vergünstigungsfrist sind die Gewinne immer noch beachtlich. Da über den gesamten Zeitraum die jährlichen Gewinne höher sind als die Belastungen, kann die Anlage als wirtschaftlich bezeichnet werden.

#### **Wirtschaftlichkeitsberechnung – Abschreibung über Vergütungsfrist (6 Jahre):**

Zum Vergleich wird die Finanzierung noch einmal über einen Zeitraum von 6 Jahren berechnet: Das ist der Zeitraum, in dem die Vergütungen durch KWK-Gesetz gutgeschrieben werden. Für den Zeitraum von 6 Jahren und bei einem Zinssatz von 5 % erhält man einen Annuitätsfaktor von 0,1970. Damit berechnen sich die folgenden Ergebnisse:

| Preis Anlage             | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|--------------------------|-----------------|---------------------|
| 225.000 €                | 0,1970          | 44.325 €            |
| Gewinn erste<br>6 Jahre  |                 | 14.700 €            |
| Gewinn<br>Restlaufzeit   |                 | 38.790 €            |
| Gesamtgewinn<br>15 Jahre |                 | <b>437.312 €</b>    |

*Tabelle: 6.3.2- 5: Jährliche Gewinne nach 6 Jahren Abschreibung*

Bei dem Vergleich der beiden Finanzierungsmodelle zeigt sich, dass die Abschreibungsvariante über einen Zeitraum von 6 Jahren deutlich lukrativer ist. Es wird ein um 59.063 € höherer Gesamtgewinn erzielt.

Im Fall einer direkten Bezahlung ergibt sich eine **Amortisationszeit von 4 Jahren**.

### 6.3.3 Option 3 - Wärmeerzeugung über Geothermie und Wärmepumpe

Geothermie ist die Erdwärme, die in den oberen drei Kilometern der Erdkruste gespeichert ist. Die Geothermie gehört zu regenerativen Energien und stellt eine nahezu unerschöpfliche Energiequelle dar. Sie kann verwendet werden, um Strom zu erzeugen. Dazu sind in den meisten Regionen allerdings sehr tiefe Bohrungen von mehreren Kilometern erforderlich. Die

Relative Einschätzung:

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

Abb.: 6.3.3- 1: Bewertung der Innovation Wärmepumpe im REG Bericht: Innovative Lösungen für Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick

Erdwärme kann auch direkt genutzt werden, für die Gebäudeheizung oder die Trinkwassererwärmung. Dazu werden Bohrungen durchgeführt mit Tiefen zwischen 60 und 100. Tiefere Bohrungen sind möglich, dafür ist dann eine Bergrechtliche Genehmigung erforderlich. In die Bohrungen werden Erdsonden eingeführt, die die Wärme aus dem Boden ziehen und an eine Wärmepumpe leiten. In der Wärmepumpe wird die Erdwärme mit sehr geringem, nicht nutzbarem Temperaturniveau mittels mechanischer Energie auf ein höheres, sinnvoll nutzbares Temperaturniveau angehoben. Die nutzbare thermische Energie ist dabei größer als die eingesetzte elektrische Energie. Bei der Ed. Züblin AG soll die Geothermie für die Gebäudeheizung eingesetzt werden. Das Züblin Hauptverwaltungsgebäude hat eine Heizlast von 1041 kW (Daten aus dem EnEV-Nachweis). Die Heizlast bezieht sich auf die Leistungsspitze, deshalb wird für die Auslegung der Wärmepumpe nur 80 % der Maximallast gerechnet:

$$\text{Leistung}_{WP} = 1041 \cdot 0,8 = 833\text{kW}$$

Um die Heizenergie pro Jahr zu berechnen, die die Wärmepumpe erbringt, wird eine Betriebszeit<sup>1</sup> von 2100 h/a angenommen (Richtwert für WP).

$$\text{Heizleistung}_{WP} = 833\text{kW} \cdot 2100\text{h} = 1.749.300\text{kWh}$$

Der durchschnittliche Heizbedarf pro Jahr liegt für das Hauptverwaltungsgebäude bei 2.124.246 kWh. Da dieser Wert auch die Warmwasserbereitung für das Gebäude enthält, kann man sagen, dass der reine Heizbedarf von der Wärmepumpe gedeckt wird.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) ist das Verhältnis des Jahresertrags an Heizenergie (kWh/a) zu der aufgewendeten Antriebs- und Hilfsenergie (kWh/a).

$$JAZ = \frac{W_{Nutz}}{W_{el}}$$

Für die Wärmepumpe wird für die JAZ ein Richtwert von 4,5<sup>1</sup> angenommen.

$$\text{Sondenleistung}_{ges} = 833\text{kW} \cdot \left(1 - \frac{1}{4,5}\right) = 648\text{kW}$$

Als Richtwert für die Entzugsleistung aus dem Erdboden kann ein Wert<sup>2</sup> von 50 W/m angenommen werden. Somit ergeben sich die gesamten Bohrmeter von:

$$\text{Bohrtiefe}_{ges} = \frac{648.000\text{W}}{50 \frac{\text{W}}{\text{m}}} = 12.960\text{m}$$

Es wird vorerst von einer Bohrtiefe von 120 m pro Erdwärmesonde ausgegangen.

$$\text{Anzahl}_{Sonden} = \frac{12.960\text{m}}{120\text{m}} = 108$$

---

<sup>1</sup> aus Dimensionierungshilfe Wärmepumpen; MINERGIE® und energieschweiz

<sup>2</sup> Technische Universität Darmstadt; „EWS-Standardanlage“

Als nächster Schritt wird untersucht, ob genügend Fläche für die Bohrungen zur Verfügung steht. Die Bohrungen müssen untereinander einen Mindestabstand von 10 m einhalten und einen Abstand von 6 m zum benachbarten Grundstück. Das Grundstück um das Züblin Hauptverwaltungsgebäude bietet unter diesen Bedingungen Platz für maximal 78 Bohrungen. Um trotzdem die erforderliche Leistung zu gewinnen, muss für jede Bohrung folgende Tiefe erreicht werden.

$$Bohrungstiefe_{erf.} = \frac{12.960m}{78} = 166m$$

Die Investitionskosten für die Geothermieanlage setzen sich aus den Kosten der Erdwärmepumpe und den Kosten für die Sondenbohrungen zusammen. Der Preis für die Wärmepumpe ist aus einem Diagramm welches verschiedene reale Angebote aus 2006 umfasst.

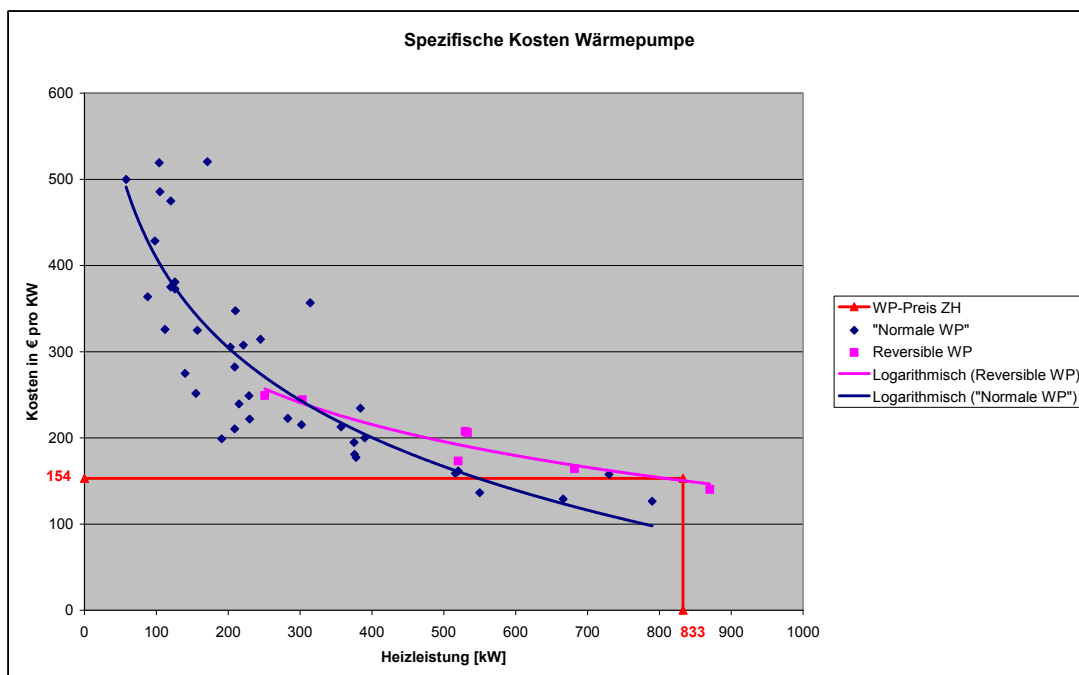


Abb.: 6.3.3- 2: Spezifische Kosten für Wärmepumpen

Für die Bohrungen der Erdwärmesonden entstehen Kosten zwischen 55 und 65 €/m. Bei der großen Anzahl an Bohrungen wird der Preis von 55 €/m für die Berechnung herangezogen.



Mit diesen Angaben errechnen sich die Gesamtkosten für die Anlage:

| Leistung WP [kW] | spez. Kosten WP [€/kW] | Invest.-Kosten WP [€] | Bohrtiefe Gesamt [m] |
|------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| 833              | 155                    | 129.115               | 12.960               |

| spez. Preis pro Bohrung [€/m] | Invest.-Kosten Bohrungen [€] | Gesamtkosten Geothermieanlage [€] |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 55                            | 712.800                      | <b>841.915</b>                    |

*Tabelle 6.3.3- 1: Gesamtkostenermittlung der Geothermieanlage*

Für die Finanzierung der Anlage werden Abschreibungsmodelle für die Zeiträume von 20, 15 und 10 Jahren berechnet. Dabei werden die jährlichen Belastungen mit dem Annuitätsfaktor berechnet und den eingesparten Heizkosten gegenübergestellt. Die Anlage kann wirtschaftlich finanziert werden, wenn die jährlichen Gewinne größer sind, als die jährlichen Belastungen. Zusätzlich aufgeführt ist der Zeitraum, nach dem die gesamten eingesparten Heizkosten als Gewinn bezogen werden. Das ist der Zeitraum nach dem die Anlage abbezahlt ist und der Verlust durch die Zinsen zurückgeflossen ist. Man kann das als dynamische Amortisationszeit betrachten, die speziell für die negativen Jahreserträge aussagekräftig ist, da bei positiven Jahreserträgen dieser Zeitraum dem der Abschreibungszeit entspricht.

| Kosten Anlage [€]              | Annuitätsfaktor | jährlichen Belastung [€/a] |
|--------------------------------|-----------------|----------------------------|
| 841.915                        | 0,0802          | 67.522                     |
| gesparte Heizkosten pro Jahr   |                 | 97.991                     |
| jährliche Gewinnsumme          |                 | <b>30.469</b>              |
| Heizkosten als Reingewinn nach |                 | <b>20 Jahren</b>           |

*Tabelle 6.3.3- 2: Abschreibung der Geothermieanlage über 20 Jahre*

| Kosten Anlage<br>[€]               | Annuitätsfaktor | jährlichen Belastung<br>[€/a] |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 841.915                            | 0,0963          | 81.076                        |
| gesparte<br>Heizkosten<br>pro Jahr |                 | 97.991                        |
| jährliche Gewinn-<br>summe         |                 | <b>16.915</b>                 |
| Heizkosten als<br>Reingewinn nach  |                 | <b>15 Jahren</b>              |

*Tabelle 6.3.3.- 3: Abschreibung der Geothermieanlage über 15 Jahre*

| Kosten Anlage<br>[€]               | Annuitätsfaktor | jährlichen Belastung<br>[€/a] |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 841.915                            | 0,1295          | 109.028                       |
| gesparte<br>Heizkosten<br>pro Jahr |                 | 97.991                        |
| jährliche Gewinn-<br>summe         |                 | <b>-11.037</b>                |
| Heizkosten als<br>Reingewinn nach  |                 | <b>11 Jahren</b>              |

*Tabelle 6.3.3.- 4: Abschreibung der Geothermieanlage über 10 Jahre*

Bei einer direkten Finanzierung fallen die Investitionskosten wesentlich geringer aus. Es ergibt sich eine Amortisationszeit von:

| Preis Anlage<br>[€] | Gesparte Heizkosten pro Jahr<br>[€/] | Amortisationszeit<br>[a] |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 841.915             | 97.991                               | <b>9</b>                 |

*Tabelle 6.3.3.- 5: Amortisationszeit der Geothermieanlage*

Eine Geothermieanlage wäre für das Gebäude der Züblin Hauptverwaltung eine gewinnbringende Investition. Kann jedoch mit den bisher vorhandenen Wärmeübertragern (Heizkörper) nicht wirtschaftlich eingesetzt werden.

#### **6.3.4 Option 4 - Erneuerung Wärmeerzeugung über Abwasserkanal und Wärmepumpe<sup>1</sup>**

Eine Wärmepumpe entzieht der Umwelt Wärmeenergie, die sie mit Hilfe eines geeigneten Kältemittels von einem niedrigen auf ein höheres, für Heizzwecke nutzbares Temperaturniveau bringt. Diese Umweltwärme wird durch das nachfolgende System aus dem Abwasser gewonnen werden. Dies geschieht entweder im Ablauf einer Kläranlage oder aus der Kanalisation vor der Kläranlage. Die Wärme im Abwasser stammt ursprünglich aus Abwärme von Industrie und Privathaushalten, die ins Abwasser abgegeben und mittels Abwasserwärmenutzung zurückgewonnen werden kann.

Mit der Abwasser-Wärmepumpe kann Energie sowohl zu Heizzwecken als auch für die im Sommer für Kühlzwecke eingesetzt werden. Durch diese Betriebsweise kann mit dem Abwasser also auch gekühlt werden.

Der Wärmetauscher im Kanal trennt das verschmutzte Abwasser vom sauberen Heizsystem.

Liegen die einzelnen Wärmeverbraucher weit von der Wärmequelle bzw. der Kanalisation entfernt, wird die Wärme auf dem ursprünglichen Temperaturniveau (5-20 °C) in unisolierten Leitungen zur Heizzentrale mit der Wärmepumpe transportiert (kalte Fernwärme). Mit dieser kalten Fernwärme können relativ kostengünstig Distanzen bis über 1 km überwunden werden.

Meist wird für die Abdeckung von Wärmebedarfsspitzen an den kältesten Wintertagen zusätzlich zur Wärmepumpe ein Gas- oder Ölheizkessel eingesetzt (bivalente Wärmepumpen-Anlage). Damit kann die Betriebssicherheit erhöht und eine Abwasser- Wärmepumpe wirtschaftlicher betrieben werden, da sie lange Betriebszeiten erreicht und kleiner dimensioniert werden kann.

---

<sup>1</sup> Beschreibung und Auslegung in Anlehnung an: Energie aus Kanalabwasser - Leitfadens für Ingenieure und Planer (DBU)

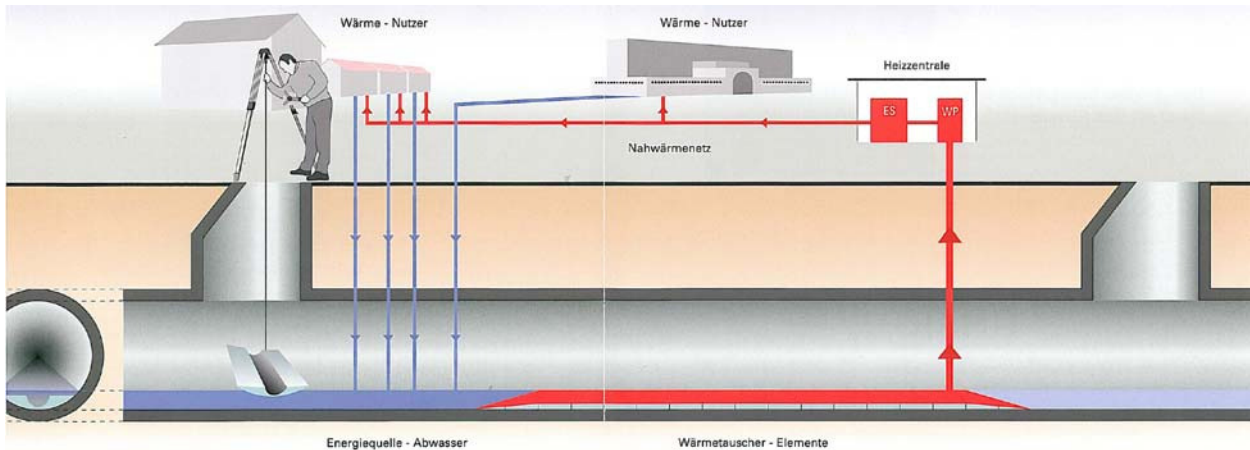


Abb. 6.3.4.- 1: Prinzipdarstellung (Quelle: UHRIG)

### Dimensionierung

Die Leistungsaufteilung zwischen Wärmepumpe und Heizkessel wie zuvor bei Option 2.

Die Heizleistung der WP steigt mit zunehmender Abwassertemperatur. Zudem kann der Leistungsbereich je nach Abwassermenge variieren. Die Auslegung muss demnach auf einen mittleren Abwasseranfall und die tiefsten Abwassertemperaturen im Winter erfolgen.

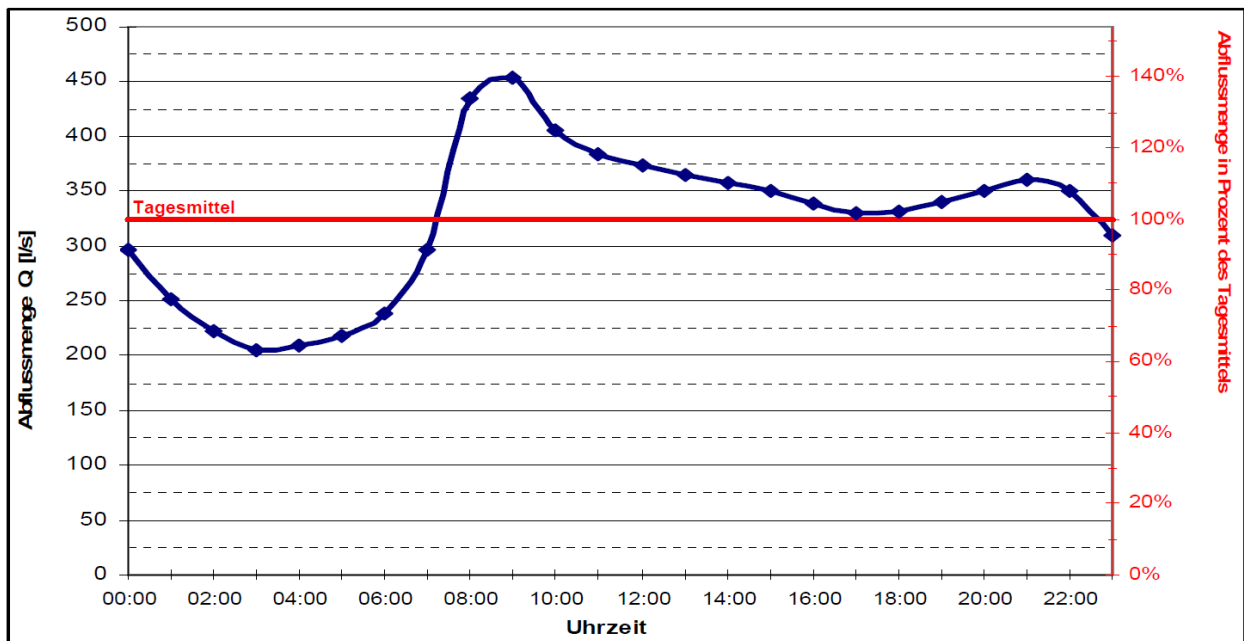


Abb. 6.3.4.- 2: Typische Abfluss-Tagesganglinie bei Trockenwetter in einer mittelgrossen Kanalisation in Deutschland (ca. 50'000 EW) Quelle: DBU

In Abb. 6.3.4.-2 ist eine typische Tagesganglinie des Trockenwetterabflusses in einer deutschen Kanalisation dargestellt. Eine solche Tagesganglinie sollte als Grundlage für die Berechnung der Wärmemenge aus dem Abwasser verwendet werden.

Wärmepumpe und Wärmetauscher werden im Normalfall auf das Wärmeangebot bei der mittleren Trockenwetterabflussmenge pro Tag (Tagesmittel) der 6 Wintermonate (Oktober bis März) ausgelegt. Um bei der Dimensionierung auf der absolut sicheren Seite zu stehen, kann auch auf den minimalen Nachtabfluss ausgelegt werden. Dieser beträgt durchschnittlich ca. 60% des Tagesmittelwertes (Erfahrungswert, gem. Abb. 6.3.4.-2).

Falls für die Dimensionierung keine Tagesganglinie zur Verfügung steht, kann die maßgebende Abflussmenge auch durch Einzelmessungen bestimmt werden: Aus der typischen, repräsentativen Tagesganglinie ist ersichtlich, die Abflussmenge im Zeitraum von 16:00 bis 19:00 Uhr in etwa dem Tagesmittel entspricht. Mit einer Abflussmessung in diesem Zeitraum erhält man die maßgebende Abflussmenge mit befriedigender Genauigkeit.



Abb. 6.3.4.- 3: Möglich Abwasserkanalwärmetauscherposition (Blick aus Züblin-Haus auf Baustelle Z-Zwo 2001)

Aus der Auslegung der Wärmepumpe und der angenommenen Leistungsziffer von 4,5 ergibt sich die nötige Abwasserwärme-Entzugsleistung, das heißt die Wärmeübertragungsleistung  $W_A$  des Wärmetauschers.

WP-Leistung = 833 kW, COP = 4,5

→ nötige WT-Leistung  $W_A$  = 650 kW

Zusammenhang zwischen  $W_A$ , der Dimensionierungs-Abwassermenge  $Q_A$  und der Temperaturabnahme des Abwassers  $\Delta T_A$

$$\Delta T_A = \frac{W_A}{c_W * \rho_W * Q_A}$$

mit  $c_W * \rho_W = 4,19 \text{ kWs/(l*K)}$ .

Die resultierende Temperaturabnahme im Zulauf zur Kläranlage ist im untersuchten Fall.

$$\Delta T_A = \frac{650 \text{ kW}}{4,19 \text{ kWs/(l*K)} * 325 \text{ l/s}} = 0,47^\circ \text{K}$$

Der Einfluss auf die Kläranlage kann vernachlässigt werden da die Temperaturänderung kleiner als  $0,5^\circ \text{K}$  ist.

Anhand der benötigten WT-Leistung  $W_A$  muss als letzter Schritt Art und Größe (austauschwirksame Oberfläche  $A_{WT}$ ) des Wärmetauschers bestimmt werden.

Die Wärmetauscherhersteller geben theoretische systemspezifische Werte für den Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert)  $[W/(m^2*K)]$  an.

$$W_A = U * A_{WT} * \Delta T$$

$\Delta T$  ist der Temperaturunterschied zwischen dem Abwasser (für die Auslegung sind die kältesten Abwassertemperaturen im Winter maßgebend) und dem im Wärmetauscher zirkulierenden Medium (Sekundärkreislaufmedium).  $\Delta T$  stellt sich anhand der Verdampferleistung der WP und dem  $U * A_{WT}$ -Wert des WT ein. Als Sekundärkreislauf-Medium ist Wasser physikalisch optimal und zu empfehlen, da es den bestmöglichen Wärmeübergang liefert. Es besteht aber die Gefahr der zu starken Abkühlung und des Gefrierens in der WP, weshalb in Grenzfällen auch ein Wasser-Glykol-Gemisch (zähflüssiger als Wasser) eingesetzt werden kann. Dies hat jedoch eine Verringerung des Wärmeübergangs und einen größeren Energieverbrauch bei der Zwischenkreispumpe zur Folge.





Abb. 6.3.4.- 4: Grundleitungsplan

Weiter ist beim U-Wert die Verschmutzung des Wärmetauschers durch Biofilmbildung, der sogenannte Fouling-Factor, ein wichtiger zu beachtender Faktor. Dieses Problem ist in Deutschland gewichtiger als in der Schweiz, da tendenziell mehr im Trennsystem entwässert wird. Das bedeutet einerseits geringeren Abfluss d.h. weniger Spüleffekt und stärkere Verschmutzung, was evtl. eine periodische Reinigung nötig macht, andererseits aber höhere Abwassertemperaturen auch im Winter erwarten lässt. In Deutschland ist im Mittel damit zu rechnen, dass der theoretische U-Wert eines Wärmetauschers auf einen um ca. 30% - 40% geringeren für die Dimensionierung maßgebenden U-Wert verringert wird (ohne periodische Reinigung). Falls keine Reinigung vorgesehen ist, sollte also durch Biofilmbildung mit einer Verminderung der theoretischen Wärmeübertragungsleistung von 30% - 40% gerechnet werden. Sowohl Erfahrungen mit realisierten Anlagen als auch die Laboruntersuchungen der EAWAG zeigen sehr unterschiedliche Verhältnisse bei der Wärmetauscherverschmutzung.



Abb. 6.3.4.- 5: Der Abwasserwärmetauscher kann nachträglich eingebaut werden (Quelle: URHIG)

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Abwasserparameter und hydraulischen Verhältnisse ist keine Vereinheitlichung möglich. Die Verschmutzung bzw. Reinigung muss von Fall zu Fall beurteilt werden, was oft erst nach einer gewissen Betriebszeit möglich ist. Sicherheitshalber ist der Wärmetauscher großzügig auszulegen (Faktor 1,5) und die Verschmutzung damit in Kauf zu nehmen, oder es ist eine periodische Reinigung durch ein Kanalreinigungsunternehmen vorzunehmen.

Von folgenden Richtwerten für die spezifische Wärmetauscher-Leistung kann für die Dimensionierung ausgegangen werden:

3-4 kW/m<sup>2</sup> bei geringer Verschmutzungsgefahr oder vorgesehener periodischer Reinigung

2-3 kW/m<sup>2</sup> ohne Reinigung.



*Abb. 6.3.4.- 6: Breite und flache Kanäle sind für die spezifische Leistungsfähigkeit (pro m Kanal) besser geeignet, benötigen jedoch eine hohe Mindestwassermenge (Quelle URHIG)*



Der U-Wert von 860 W/(m<sup>2</sup>\*K) muss aufgrund der Verschmutzung für eine sichere Dimensionierung auf rund 500 W/(m<sup>2</sup>\*K) verringert werden. Damit ergibt sich bei einer Temperaturdifferenz des Sekundärkreislaufes ΔT von 5 K:

Eine nötige Wärmetauscheroberfläche von A<sub>WT</sub>

$$A_{WT} = \frac{650kW}{500W/(m^2 * K) * 5K} = 260m^2$$

Dies entspricht einer spezifischen Wärmetauscherleistung von 2,5 kW/m<sup>2</sup>.

Die südliche Länge des Züblin-Haus-Grundstücks beträgt ca. 80 m. Direkt anschließen befindet sich unter einem Fuß- Radweg der in Frage kommende Abwasserkanal. Wir der Wärmetauscher mit einer „Trockenwetterrinnen“ ausgeführt, so vergrößert sich die zur Wärmeübertragung nutzbare Oberfläche.

Benötigte Kanallänge:

$$L_{WT} = \frac{260m^2}{90cm (WT - Breite)} = 288m$$

Da die ermittelte Kanallänge die Grundstücksgrenze erheblich übersteigt und das Temperaturniveau der Raumwärmeübertrage für Wärmepumpen nicht geeignet ist wird das System nicht weiter untersucht.

### 6.3.5 Option 5 - Erneuerung der Raumregelung<sup>1</sup> und Verteilungen

Thermostatventile haben seit ihrer Erfindung in den 60er Jahren entscheidend dazu beigetragen, dass Energie nicht unnötig vergeudet wird. Sie regeln selbstständig und ohne Hilfsenergie die Raumtemperatur auf einen eingestellten Wert, auch äußere Einflussfaktoren wie Sonnenschein oder die Wärme, die Menschen beim Aufenthalt in einem Raum abgeben, werden dabei sinnvoll genutzt.



Abb. 6.3.5.- 1: Thermostatventile im Lauf der Zeit (Quelle: Heimeier)

Obwohl Thermostatventile aus dieser Zeit scheinbar immer noch ihren Dienst tun, sollten sie ausgetauscht werden. Denn sie sind häufig für ungünstige Temperaturschwankungen verantwortlich, oft liegt die Temperatur auch über dem eingestellten Wert – Faktoren, die zu einer permanenten Energieverschwendung führen.

Diese Energieverschwendung gilt es zu ermitteln.

Für die untersuchten Büros im Züblin-Haus wurde die Überheizung durch Datenlogger erfasst. Die so gewonnenen Messreihen wurden als Zielwert in einer Variante der durchgeführten thermischen Gebäudesimulation exemplarisch für ein Büro vorgegeben. Die Beschreibung und die getroffenen Annahmen für die thermische Gebäudesimulation des Züblin-Haus ist im Abschnitt Nullmessung unter: REG-3A-4-2-b-Einzonensimulation-TGA-S-MG.pdf zu finden.

<sup>1</sup> Beschreibung in Anlehnung an Heimeier

Auszug aus der thermischen Gebäudesimulation:

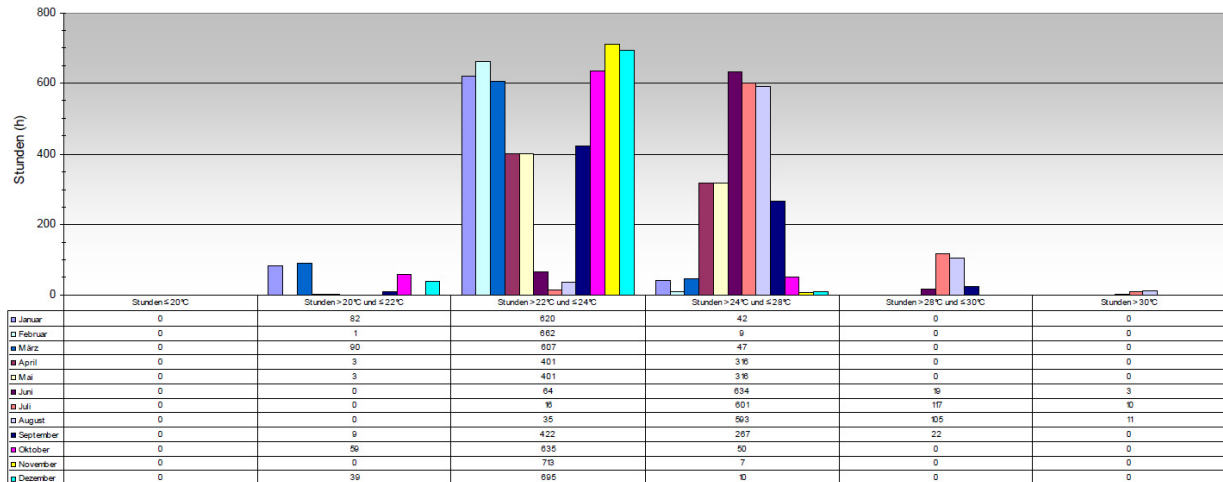


Abb. 6.3.5.- 2: Jahreshäufigkeiten Messwerte schlecht geregelter Raum

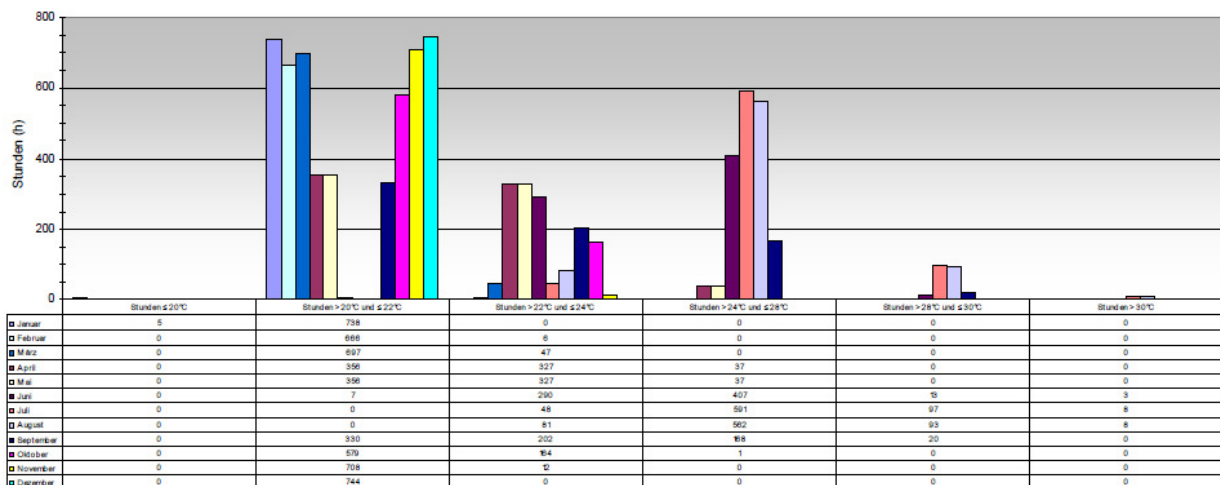


Abb. 6.3.5.- 3: Jahreshäufigkeiten Messwerte eines auf 21 °C geregelten Raums

Beide Abbildungen zeigen, die Temperatur immer über 20 °C ist. Der thermische Komfort ist also bei einer Zieltemperatur von 21 °C mit einer Regelgenauigkeit von 1 °K gegeben.

Mit dieser erneuerten Raumtemperaturregelung und einer zusätzlichen Isolierung der Heizkörper-Anbindeleitung, um die unregelmäßigen Wärmeeinträge zu reduzieren, lässt sich in den Büros folgende Jahresenergie einsparen:

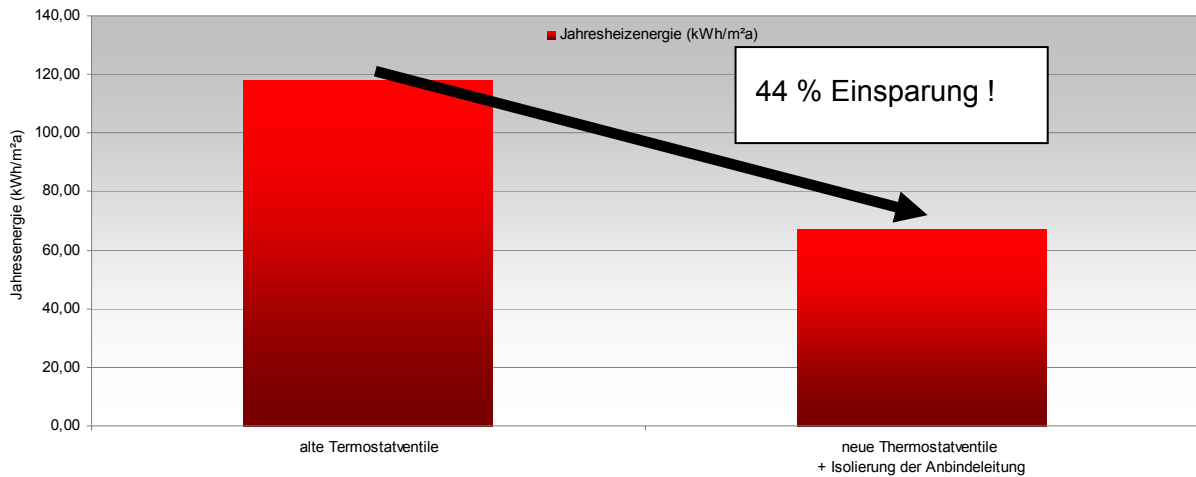


Abb. 6.3.5.- 4: Ergebnisvergleich der Simulationläufe

Simulationsergebnis der Jahresheizleistung:

Variante „Messwerte“: 118,1 kW/m²a

Variante „optimierte Regelung“: 67,1 kW/m²a

Kostenprognose für Büros:

Thermoskopf + Ventil: 24.800,- €

Isolierung der Anbindeleitung: 13.888,- €

Vorteile:

- Bessere Regelbarkeit
- Energieeinsparung

Nachteile:

- keine

### 6.3.6 Option 6 - Energierückgewinnung bei Aufzügen<sup>1</sup>

Regenerative Aufzugsantriebe wandeln die beim Bremsvorgang anfallende Wärmeenergie in elektrische Energie um, die in das hausinterne Stromnetz eingespeist wird. Die dabei gewonnene Energie hat einen fast sinusförmigen Strom- und Spannungsverlauf. Dies minimiert mögliche negative Rückwirkungen auf das gesamte Netz und schont das Energiesystem des Gebäudes. Auch hochempfindliche Geräte, die im Betrieb sind, werden so nicht gestört.

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |
|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |

Abb. 6.3.6.- 1: Bewertung der Innovation im REG Bericht: Innovative Lösungen für Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick.

Ein Beispiel eines solchen energieeffizienten Aufzugsantriebs ist EcoDisc® von der Firma Kone ([www.kone.com](http://www.kone.com)), das über einen effizienten vektorgesteuerten Antrieb mit Generatorfunktion verfügt. Eine vergleichbare Lösung ist der Antrieb ReGen von der Firma Otis ([www.otis.com](http://www.otis.com)). ReGen Antriebe können bis zu 75% der erforderlichen Antriebsenergie einsparen. Der Gen2 wird mit stahlseelenarmierten Polyurethangurten anstelle der herkömmliche Stahlseile betrieben und benötigt daher keinerlei umweltbelastende Schmiermittel. Darüber hinaus verbraucht der mit Permanentmagneten ausgestattete Direktantrieb bis zu 50 % weniger Energie als konventionelle Getriebemaschinen. Die Kombination aus Gen2 und ReGen-Antrieb ist folglich die ideale Alternative für Architekten und Gebäudebetreiber, die heute schon auf Nachhaltigkeit setzen und entsprechend zukunftsorientierte Investitionen tätigen wollen.

<sup>1</sup> In Anlehnung an REG AP 4: Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick

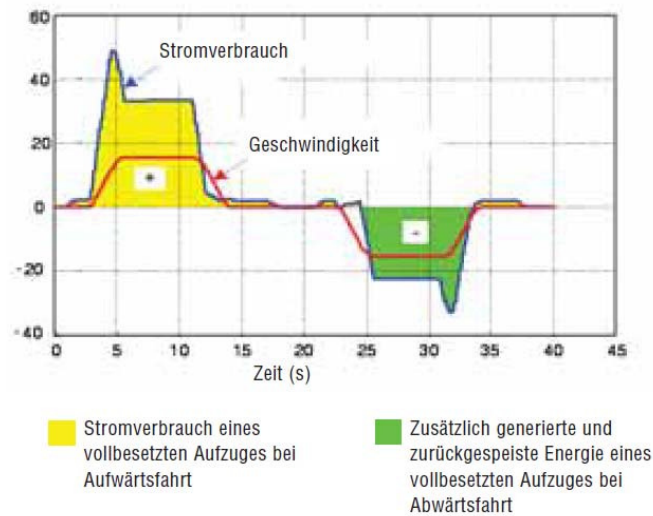


Abb. 6.3.6.- 2: Potential der Energierückgewinnung (Quelle: Otis)

Die Energierückgewinnungssysteme wurden hinsichtlich der Einsatzmöglichkeit im Züblin-Haus bewertet. Grundlage der Bewertung sind reale Messwerte aus der Nullmessung. Mit einem Strommessgerät wurden die Betriebsweise der verschiedenen Aufzugstypen über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet.



| Uhrzeit                | Kantine [kWh] | Lichtpauserei [kWh] | A-Block, Nord [kWh] | Mitte [kWh] |
|------------------------|---------------|---------------------|---------------------|-------------|
| 7:00                   | 1,87          | 2,03                | 1,76                | 1,84        |
| 8:00                   | 1,44          | 1,22                | 1,62                | 1,54        |
| 9:00                   | 1,05          | 0,95                | 0,99                | 1,05        |
| 10:00                  | 0,37          | 0,46                | 0,42                | 0,37        |
| 11:00                  | 0,80          | 0,73                | 0,50                | 0,74        |
| 12:00                  | 1,90          | 2,09                | 1,91                | 1,92        |
| 13:00                  | 1,08          | 0,90                | 1,20                | 1,03        |
| 14:00                  | 0,82          | 0,93                | 1,00                | 0,91        |
| 15:00                  | 0,64          | 0,59                | 0,43                | 0,61        |
| 16:00                  | 1,54          | 1,62                | 1,63                | 1,51        |
| 17:00                  | 1,36          | 1,28                | 1,29                | 1,40        |
| 18:00                  | 0,75          | 0,75                | 0,94                | 0,77        |
| 19:00                  | 0,22          | 0,13                | 0,21                | 0,22        |
| 20:00                  | 0,10          | 0,10                | 0,11                | 0,10        |
| 21:00                  | 0,01          | 0,01                | 0,01                | 0,01        |
| 22:00                  | 0,01          | 0,01                | 0,01                | 0,01        |
| 23:00                  | 0,01          | 0,01                | 0,01                | 0,01        |
| Summe                  | 13,97         | 13,81               | 14,04               | 14,04       |
| Gesamtlaufzeit [min/d] | 76,20         | 75,33               | 76,58               | 62,40       |

Abb. 6.3.6.- 3: Strom-Messgerät PCE-830 und Ergebnis mit resultierender Betriebszeit

Aufgrund der geringen Betriebszeit ist es nicht möglich über die Energieeinsparung die enorm hohen Investitionskosten durch einen Austausch zu finanzieren. Für einen Neubau sollte diese neue Technologie jedoch verfolgt werden.

Vorteile:

- Reduzierung der Betriebskosten
- Umweltfreundlichkeit

Nachteile:

- Höhere Investitionskosten im Vergleich zu klassischen Antriebssystemen.

### 6.3.7 Option 7 - Reduzierung Stand-by-Betrieb der Büro-EDV

Stand-by-Verluste bedeuten, dass elektrische Arbeitsmittel, die am Stromnetz angebunden sind, dauerhaft Strom verbrauchen, auch wenn diese ausgeschaltet sind. Im Folgenden sind die Hauptverbraucher in einem Bürogebäude aufgeführt. Die angegebenen Werte sind aus eigenen Stromverbrauchsmessungen, welche im Rahmen der Nullmessung mit speziellen Messgeräten ermittelt worden sind.



| Arbeitsmittel         | Verbrauch im Stand-by-Betrieb [W] |
|-----------------------|-----------------------------------|
| PC + Monitor          | 9                                 |
| Notebook              | 4                                 |
| Büro-Drucker          | 9                                 |
| Kopierer Schwarz-Weiß | 86                                |
| Kopierer Farbe        | 36                                |

Abb. 6.3.7.- 1: Energieverbrauch-Messgerät (Strom) und ermittelte Stand-by Durchschnittswerte

Die PCs mit Monitoren und die Büro-Drucker werden nie vom Stromnetz getrennt, verbrauchen somit permanent Strom. Bei Notebooks wird davon ausgegangen, dass sie nach Arbeitsende von der Energieversorgung entkoppelt werden, sie werden also nicht in die Berechnung einbezogen. Die Kopierer für die allgemeine Nutzung werden nach Beobachtung außerhalb der Arbeitszeiten nicht ausgeschaltet. Es wird davon ausgegangen, dass auf zwei PCs ein Büro-Drucker kommt.

In der DIN V 18599 werden 2.750 Gesamt-Jahresnutzungsstunden für Büros angegeben. Das entspricht 10,78 h pro Arbeitstag. Davon gehen noch 30 Urlaubstage im Jahr ab, also 324 h/a Urlaub. Dazu kommen durchschnittlich 10 gesetzliche Feiertage, d. h. noch einmal 240 h/a weniger. Ein Jahr hat 8.760 h, daraus ergibt sich eine Zeit von 6.574 h, die die elektrischen Arbeitsgeräte im Stand-by-Betrieb laufen. Dabei sind Krankheitstage und Tage, an denen Mitarbeiter außerhalb des Büros arbeiten, nicht mit einbezogen, da sich dazu keine Daten beschaffen lassen. Die Ed. Züblin AG bezahlt 9,24942 ct/kWh Strom. In dem Betrag sind bereits alle Steuern und Abgaben berücksichtigt (ausgenommen der Mehrwertsteuer). Es gibt keine Unterscheidung zwischen Hochtarif (HT) und Niedertarif (NT).



| Arbeitsmittel             | Anzahl<br>Arbeitsmittel | Stand-by-<br>Verbrauch<br>[kW] | Stand-by-<br>Betrieb<br>[h] | jährlicher<br>Gesamtverlust<br>[kWh] | Strompreis<br>[€/kWh] | jährliche<br>Mehrkosten<br>[€] |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| PC + Monitor              | 458                     | 0,009                          | 6.574                       | 27.098                               | 0,0924942             | 2.506                          |
| Büro-Drucker              | 229                     | 0,009                          | 6.574                       | 13.549                               | 0,0924942             | 1.253                          |
| Kopierer Schwarz-<br>Weiß | 12                      | 0,086                          | 6.574                       | 6.784                                | 0,0924942             | 628                            |
| Kopierer Farbe            | 12                      | 0,036                          | 6.574                       | 2.840                                | 0,0924942             | 263                            |
| <b>Summe</b>              |                         |                                |                             | <b>50.271</b>                        |                       | <b>4.650</b>                   |

Abb. 6.3.7.- 2: Jährliche Verluste durch Stand-by-Betrieb, Züblin-Haus

Möglichkeiten für die Behebung dieser Verluste bestehen in der Präsenzerfassung. Dafür müsste jedes Büro mit einem Präsenzmelder ausgestattet sein. Möglich wäre auch ein Kartenlesegerät, welches die Anwesenheit über die Zeitkarte erfasst. Dazu ist es außerdem erforderlich, die Energieversorgung der Büros über eine Zentralsteuerung getrennt voneinander zu regeln.

Auf dem Markt gibt es Präsenzmelder und andere Signalgebereinheiten, die kabel-, batterie- und wartungsfrei betrieben werden können. Hierfür ist z. B. die Technik der Firma EnOcean verfügbar, die ihre Sender mit minimalem Energieaufwand betreiben kann. Diese kleinen Energiemengen werden mittels Energiewandler aus der Umgebung gewonnen, so reicht bei einem Schalter der Betätigungsvorgang aus, um die erforderliche Energiemenge zu gewinnen.

Leider steht der Kostenaufwand für die Realisierung solcher Maßnahmen in keinem Verhältnis zur Energie- und Kostenersparnis.

Diese Option wird daher nicht weiter verfolgt.



### 6.3.8 Option 8 - Einsatz von LED – (Lichtemittierende Dioden) Beleuchtung

LED sind elektronische Halbleiter-Bauelemente. Sie wandeln Strom direkt in Licht um und erzeugen, im Gegensatz zu Glühlampen, keine Wärmestrahlung. LED emittieren Licht nur in einem begrenzten Spektralbereich. Die Wellenlänge des emittierten Lichts und die daraus sichtbare Farbe des Lichts hängen von der Beschaffenheit des Halbleitermaterials ab.

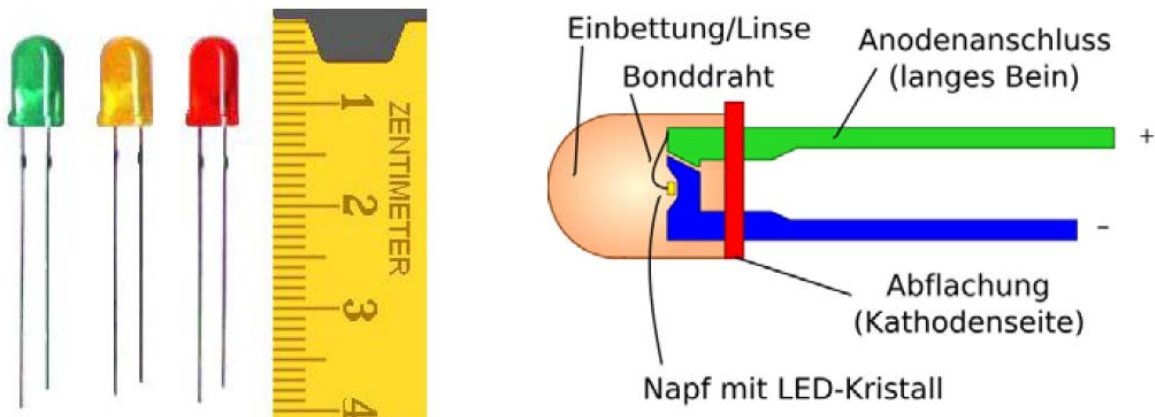


Abb. 6.3.8.- 1: Aufbau von LED

Die Vorteile von LED gegenüber Glüh- oder Leuchtstofflampen sind die geringe Stromaufnahme, ein größerer Lichtstrom (Lumen) und eine deutlich längere Lebensdauer. Nachteile sind die geringe Leistung pro Einheit und die geringe Beleuchtungsstärke (Lux). Anders als Glühlampen bestrahlen LED nur eine bestimmte Teilfläche. Entscheidend ist dabei der Öffnungswinkel. Je größer der Öffnungswinkel desto größer die bestrahlte Fläche. Um

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

Abb. 6.3.8.- 2: Bewertung der Innovation im REG Bericht: Innovative Lösungen für Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick

einen angemessenen Leuchtkörper herzustellen, werden mehrere LED zu einem Cluster zusammengefasst. So kann man auch eine 360° Beleuchtung erzeugen. Trotz der niedrigeren Leistung können mit LED hohe Farbtemperaturen erzeugt werden. Die Farbtemperatur ist ein Maß für den Farbeindruck einer Lichtquelle. Sie wird definiert als die Temperatur, auf die man einen schwarzen Körper (planckschen Strahler) aufheizen müsste, damit er Licht einer Farbe abgibt, das (bei gleicher Helligkeit und unter festgelegten Beobachtungsbedingungen) der zu beschreibenden Farbe am ähnlichsten ist. Die Einheit der Farbtemperatur ist Kelvin.

In den nachstehenden Tabellen werden die Lichtfarben und die dazugehörigen Farbtemperaturen gezeigt.

| Lichtfarbe               | Ähnlichste Farbtemperatur [K] |
|--------------------------|-------------------------------|
| Warmweiß (Sonnenaufgang) | < 3.300                       |
| Neutralweiß              | 3.300 - 5.300                 |
| Tageslichtweiß           | > 5.300                       |

Tabelle 6.3.8.-1: Lichtfarbe in Abhängigkeit der Farbtemperatur

| Lichtquelle                 | Farbtemperatur [K] |
|-----------------------------|--------------------|
| Glühlampe 40 W              | 2200               |
| Glühlampe 60 W              | 2680               |
| Glühlampe 100 W             | 2800               |
| Glühlampe 200 W             | 3000               |
| Halogenlampe                | 3000               |
| Leuchtstofflampe (Kaltweiß) | 4000               |

Tabelle 6.3.8.-2: Charakteristische Farbtemperaturen für typische Lichtquellen

Im Folgenden wird untersucht, ob es sich lohnt konventionelle Leuchtmittel gegen LED auszuwechseln. Auf Grund ihrer geringen Beleuchtungsstärke eignen sich LED nicht für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen, für die nach der DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“ ein Wertungswert von 500 lx angegeben ist. Für Verkehrswege ist ein Wertungswert von 100 lx (Beleuchtungsstärke auf dem Boden) vorgegeben, 150 lx bei Treppen. In dem Bereich der Verkehrswege ist der Einsatz von LED sinnvoll. Zu beachten ist beim Austausch der Arbeitsmittel, dass die LED auch mit dem richtigen Sockel für die vorhandenen Fassungen ausgestattet sind. Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der einzelnen Einheiten des Lichts:

| Bezeichnung            | Einheit        | Einheitenumformung  |
|------------------------|----------------|---|
| Lichtstrom $\Phi_V$    | Lumen [lm]     | 1 lm = 1 sr x cd  |
| Raumwinkel $\Omega$    | Steradian [sr] | 1 sr = 1 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> (Fläche/Radius <sup>2</sup> ) |
| Beleuchtungsstärke $E$ | Lux [lx]       | 1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup> = 1 sr x cd/m <sup>2</sup>                 |
| Lichtstärke $I_V$      | Candela [cd]   | 1 cd = 1 lm/sr  |

Tabelle 6.3.8.-3: Übersicht der Einheiten von Licht

Für die Hauptverwaltung der ED. Züblin AG werden für den Austausch Leuchtmittel in fünf Einsatzbereichen vorgesehen:

Die Beleuchtung der **Verbindungsstege** zwischen A- und B-Block und auf der Galerie im 6. OG besteht aus Energiesparlampen mit 7 W Stromaufnahme. Eine Energiesparlampe soll durch einen LED-Spot ersetzt werden. Der LED-Spot hat 80 LED mit 13.000 mcd/LED, eine Leistungsaufnahme von 3,5 W, einen Abstrahlwinkel von 100° und eine Lebensdauer von 50.000 h. Um zu ermitteln, ob die Beleuchtungsstärke ausreichend ist, wird ein LED-Lichtrechner von PUR-LED Technik eingesetzt.

Der Abstand zwischen Leuchte und Boden beträgt 2,5 m. Bei 80 LED kommt man auf 1.040.000 mcd für einen Spot. Daraus ergeben sich folgende Werte:

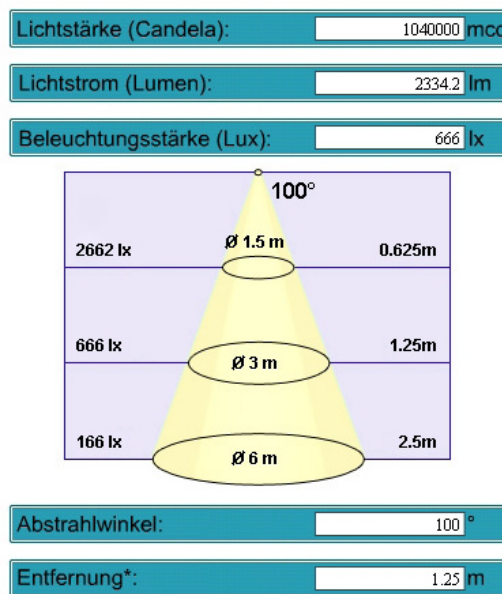


Abb. 6.3.8.- 3: Übersicht der Einheiten von Licht LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Hallenbeleuchtung

Der benötigte Wartungswert von 100 lx auf dem Boden wird eingehalten. Da die Leuchten nicht mehr als 2 m Abstand voneinander haben, ist der Beleuchtungsradius ausreichend.

In den **Fluren** der Büroetagen sind Energiesparlampen mit 7 W Stromaufnahme als **Notbeleuchtung** angebracht. Auch wenn die Leuchten nur als Notbeleuchtung vorge sehen sind, werden sie trotzdem mit der normalen Flurbeleuchtung an- und ausgeschaltet.

Eine Energiesparlampe soll durch eine LED-Leuchte mit 20 LED ersetzt werden. Die LED hat eine Stromaufnahme von 1,5 W, 13.000 mcd/LED, einen Abstrahlwinkel von 360° und eine Lebensdauer von 50.000 h. Der Abstand zwischen Leuchte und Boden beträgt 2,5 m. Bei 20 LED kommt man auf 260.000 mcd für eine Leuchte. Mit dem LED-Lichtrechner erhält man diese Werte:

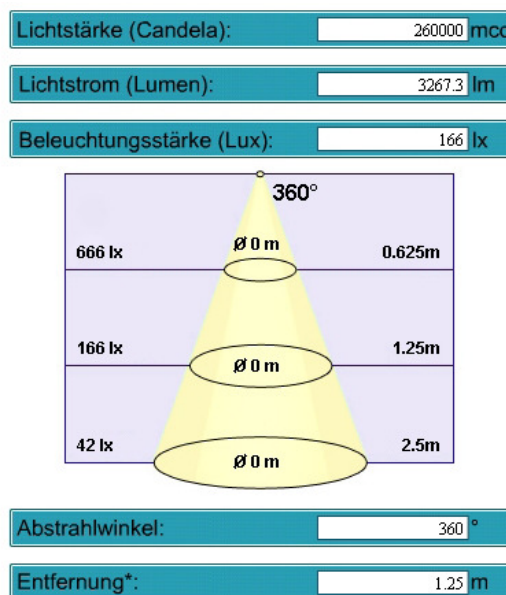


Abb. 6.3.8.- 4: LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Notbeleuchtung Flur

Bei einem Abstrahlwinkel von 360° sind keine Durchmesser angegeben, da die Beleuchtung jeden Bereich um das Leuchtmittel herum erreicht. Der Wertungswert von 100 lx wird nicht erreicht. Da die Leuchten für Notbeleuchtung eingesetzt werden und der Bereich im geringen Abstand zum Boden ausreichend beleuchtet ist, werden die Ersatzleuchten als ausreichend erachtet.

Die **normale Flurbeleuchtung** in den Büroetagen besteht aus Leuchtstoffröhren mit 36 W Stromaufnahme und einer Länge von 120 cm. Ersetzt wird ein Leuchtstoffröhre durch eine T8 LED-Leuchtstoffröhre mit 288 LED. Die LED-Röhre hat eine Stromaufnahme von 17 W, einen Lichtstrom von 2.100 lm, einen Abstrahlwinkel von 100° und eine Lebensdauer von 50.000 – 80.000 h. Der Abstand zum Boden beträgt 2,5 m. Es errechnen sich diese Werte:

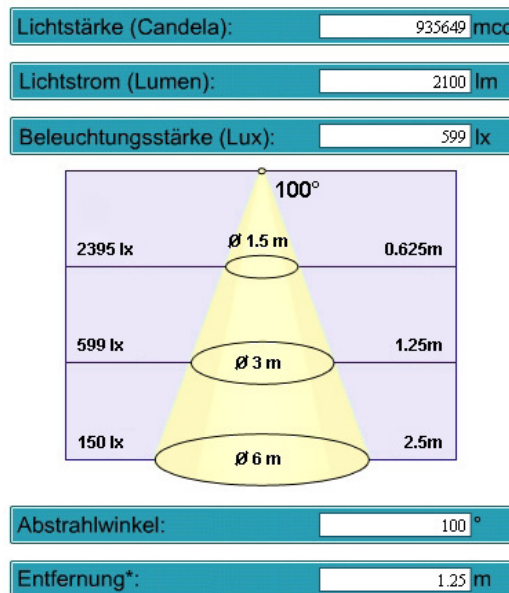


Abb. 6.3.8.- 5: LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Beleuchtung Flur

Der vorgegebene Wartungswert von 100 lx wird eingehalten.

Die vier **Treppenhäuser** an den Gebäudeecken sind mit Soft-Lights beleuchtet, die eine Stromaufnahme von 40 W haben. Für Treppen gilt ein Wartungswert von 150 lx auf dem Boden. Ein Soft-Light soll durch eine LED-Kerze mit 60 LED ersetzt werden. Die LED hat eine Stromaufnahme von 3 W, 13.000 mcd/LED, einen Abstrahlwinkel von 360° und eine Lebensdauer von 50.000 h. Bei 60 LED ergibt sich ein Werte von 780.000 mcd für eine Leuchte. Der Abstand zum Boden beträgt 2 m. Damit werden folgende Werte berechnet:

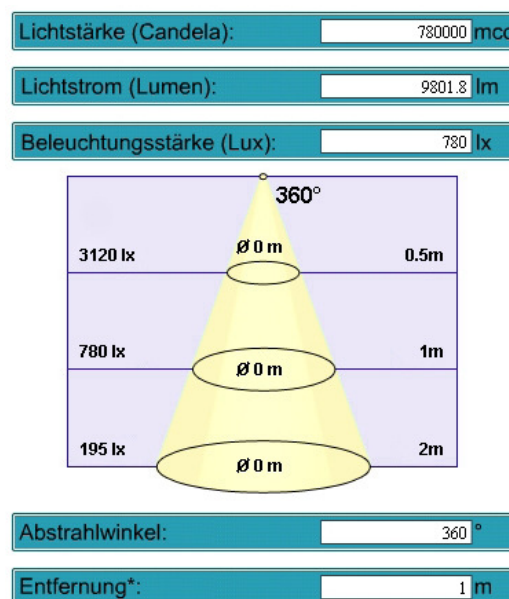


Abb. 6.3.8.- 6: LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Beleuchtung Treppe

Der Wartungswert von 150 lx am Boden wird eingehalten. Die Ersatz-LED können eingesetzt werden.

In den Fluren der Büroetagen sind an **Kreuzpunkten** mit den Verbindungsstegen Lampen mit Glühbirnen mit einer Leistungsaufnahme von 36 W montiert. Diese sollen ebenfalls durch die LED-Kerzen ersetzt werden. Der Abstand zu Boden beträgt allerdings 2,5 m. Damit erhält man diese Werte:

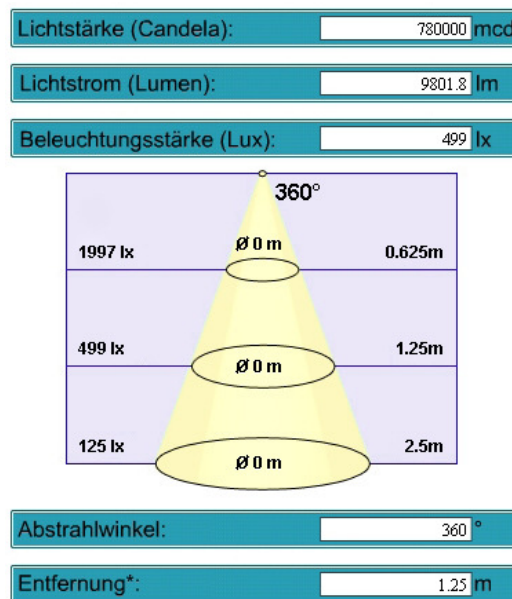


Abb. 6.3.8.- 7: LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Glühlampen Flur

Der erforderliche Wartungswert von 100 lx am Boden wird eingehalten.

## Kosten

Es werden keine Montagekosten berücksichtigt, da die Leuchtmittel für die schon vorhandenen Fassungen passend ausgewählt sind, und lediglich die Leuchtmittel ausgetauscht werden müssen. Da keine quantitativen Angaben für die Wartungskosten vorliegen, wird die Amortisationszeit nur mit Investition gegen Stromeinsparung gerechnet.

Ersetzt man die aufgezählten Leuchtmittel durch LED erhält man eine gesparte Leistungsaufnahme von:

| Leuchtmittel           | Stromverbrauch [W] | Anzahl Leuchten [Stk] | Gesamtverbrauch [W] | Leistungseinsparung [W] |
|------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| Energiesparlampe Halle | 7                  | 336                   | 2.352               | 1.176                   |
| LED                    | 3,5                |                       | 1.176               |                         |
| Energiesparlampe Flur  | 7                  | 224                   | 1.568               | 1.232                   |
| LED                    | 1,5                |                       | 336                 |                         |
| Leuchtstoffröhren Flur | 36                 | 224                   | 8.064               | 4.256                   |
| LED                    | 17                 |                       | 3.808               |                         |
| Soft-Light Treppe      | 40                 | 140                   | 5.600               | 5.180                   |
| LED                    | 3                  |                       | 420                 |                         |
| Glühlampe Flur         | 36                 | 42                    | 1.512               | 1.386                   |
| LED                    | 3                  |                       | 126                 |                         |

Tabelle 6.3.8.-3: Gesparte Leistungsaufnahme durch Einsatz von LED, Ed. Züblin

Betrachten man die aufzuwendenden Kosten und die eingesparten Kosten für den Stromverbrauch erhält man die angegebenen Amortisationszeiten. Die Stromkosten werden mit 0,0924942 €/kWh berechnet. Dies ist der Betrag, der vom aktuellen Stromversorger berechnet wird. Es handelt sich um den endgültige Preis nach verrechneten Abzügen. Es wird nicht zwischen Hoch- und Niedertarif unterschieden.

| Leuchtmittel              | Preis pro Stück [€] | Gesamtkosten Leuchtmittel [€] | Betriebsstunden pro Jahr [h/a] | Gesparte Stromkosten im Jahr [€] | Amortisationszeit [a] |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| LED für Energiesp. Halle  | 9,99                | 3.357                         | 207                            | 23                               | 149                   |
| LED für Energiesp. Flur   | 4,00                | 896                           | 2750                           | 313                              | 3                     |
| LED für Leuchtst. Flur    | 54,99               | 12.318                        | 2750                           | 1.083                            | 11                    |
| LED für Soft-Light Treppe | 13,99               | 1.959                         | 207                            | 99                               | 20                    |
| LED für Glühlampe Flur    | 13,99               | 588                           | 2750                           | 353                              | 2                     |

Tabelle 6.3.8.-4: Amortisationszeit für den Austausch durch LED, Ed. Züblin

Die Betriebsstunden sind nach der DIN V 18599-10 angenommen. Für die Beleuchtung der Halle und der Treppen sind die Nachtnutzungsstunden pro Jahr angenommen, weil die



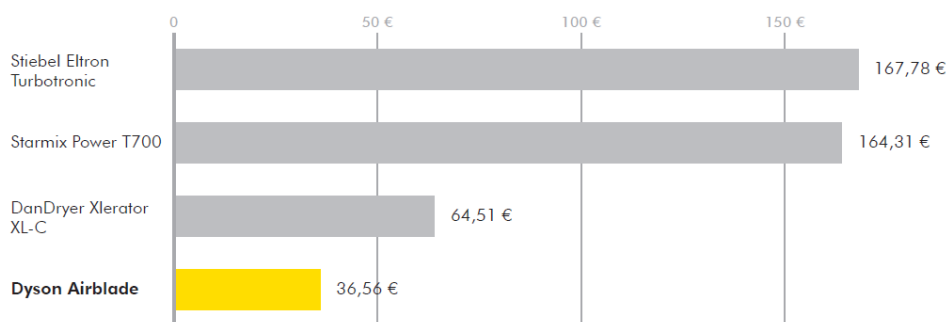
Beleuchtung erst bei Dunkelheit einsetzt. Für die Flure die gesamte Anzahl der Nutzungsstunden pro Jahr, da die Flure nicht durch Tageslicht beleuchtet werden können.

Durch die hohen Preise für Leuchten aus LED machen einen Einsatz von LED nur dann sinnvoll, wenn möglichst hohe Betriebszeiten gegeben sind. Gerade dann macht sich auch die lange Lebensdauer bezahlt.

### 6.3.9 Option 9 - Händetrocknung mit innovativer Technik

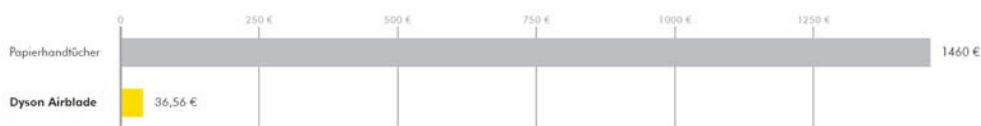
Herkömmliche Warmlufthändetrockner erweisen sich teuer im Unterhalt, da sie für den Trocknungsprozess mit warmer Luft viel Energie benötigen. Bei Papierhandtüchern entstehen hohe Betriebskosten bei der Erneuerung und Entsorgung des Papiers. Auch Handtuchrollen müssen ständig ersetzt werden, was ebenfalls zu erhöhten Betriebskosten führt.

#### Jährliche Unterhaltskosten Händetrockner



Basierend auf 200 Benutzungen pro Tag über einen Zeitraum von 12 Monaten und bei einem Strompreis von 0,12 € pro kWh.

#### Jährliche Unterhaltskosten Papierhandtücher



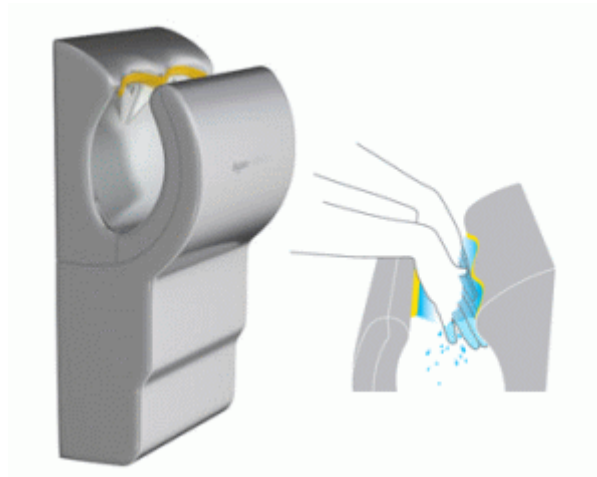
Basierend auf 200 Benutzungen pro Tag über einen Zeitraum von 12 Monaten sowie 0,01 € pro Handtuch und 2 Handtüchern pro Benutzung.

Abb. 6.3.9- 1: *Jährliche Betriebskosten verschiedener Lufthändetrockner (Quelle: Dyson GmbH)*

Bei dem von Dyson entwickelten Dyson Airblade, wird Luftstrom mit hoher Geschwindigkeit über einen Motor der die Luft durch zwei 0,3 mm breite Schlitze presst, erzeugt (über 640 km/h). Dieser bläst unerwünschte Feuchtigkeit von den Händen und trocknet sie innerhalb 10 Sekunden vollständig. Dadurch soll laut des Herstellers 80% weniger Energie verbraucht werden gegenüber herkömmlichen Lufthändetrockner. Die Leistungsaufnahme des Motors



beträgt 1600W. Zusätzlich wird durch einen HEPA-Filter, der 99,9 der Bakterien aus der Luft entfernt bevor diese auf die Hände des Benutzers trifft und durch eine berührungsfreie Benutzung eine optimale Hygiene gewährleistet.



*Abb. 6.3.9- 2: Prinzip des Dyson Airblade (Quelle: Dyson GmbH)*

Kosten:

Ca. 1000,- € pro Gerät

Vorteile:

- Niedrige Betriebskosten
- Sehr Hygienisch
- Schnelle Trocknung der Hände

Nachteile:

- Große Abmessungen des Gerätes
- Hohe Investitionskosten
- Wand muss hohes Gewicht eines Gerätes von 16 kg tragen können
- Lautstärke

Der Einsatz in den Büroetagen wurde untersucht. Platzprobleme und die hohe Lautstärke führten jedoch zum Ausschluss. Für die größeren WC-Anlagen im Bereich der Glashalle und Kantine wird ein Einsatz nach wie vor empfohlen und untersucht.

### 6.3.10 Option 10 - Dezentrale Lüftung mit Ökolüfter

Der Ökolüfter ist ein dezentrales, nachrüstbares Lüftungsgerät mit einem regenerativen langsam rotierenden Gegenstromwärmetauscher, Rotor, welcher vorzugsweise direkt in eine vorhandene Isolierglasscheibe (Mehrfachverglasung) oder in eine Öffnung der Gebäudeaußenwand eingebaut wird.

Neben der trockenen Wärmerückgewinnung bietet das Gerät auch die Möglichkeit zur Feuchterückgewinnung. Seine Effizienz ist so hoch, dass die Frischluft nahezu immer auf momentanen Raumluftzustand temperiert zugfrei einströmt, ein Nacherwärmen oder zusätzliches Luftbefeuchten ist daher nicht mehr nötig. Es handelt sich also somit um einen regenerativen Wärmetauscher für gasförmige Medien (Luft) für die Belüftung von Gebäuden.



Abb. 6.3.10- 1: Ökolüfter 9038 (Quelle: SK-Elektronik)

Der Einbau sollte von einem Glaser vorgenommen werden. Die Glasfläche muss mindestens 50 x 50 cm<sup>2</sup> groß sein und die Glasdicke sollte kleiner 6,5 mm betragen, damit ein nachträgliches Schneiden der Scheibe möglich ist.

Im Falle eines Neubaus oder bei speziellen Glaserfertigungen kann die Öffnung auch direkt vom Glaserhersteller eingebracht werden. Eine Normscheibe ist dann mit der direkten Lochung von 371 mm beim Hersteller abgedichtet und mit der jeweiligen Gasfüllung zu bestellen. Der einzubauende Tragering liegt im Durchmesser bei 368 mm und wird dann in das vorgefertigte Loch problemlos eingesetzt.

Der schlechten Abluft werden die wertvolle Wärme und Feuchtigkeit entzogen und an die einströmende Frischluft übertragen.

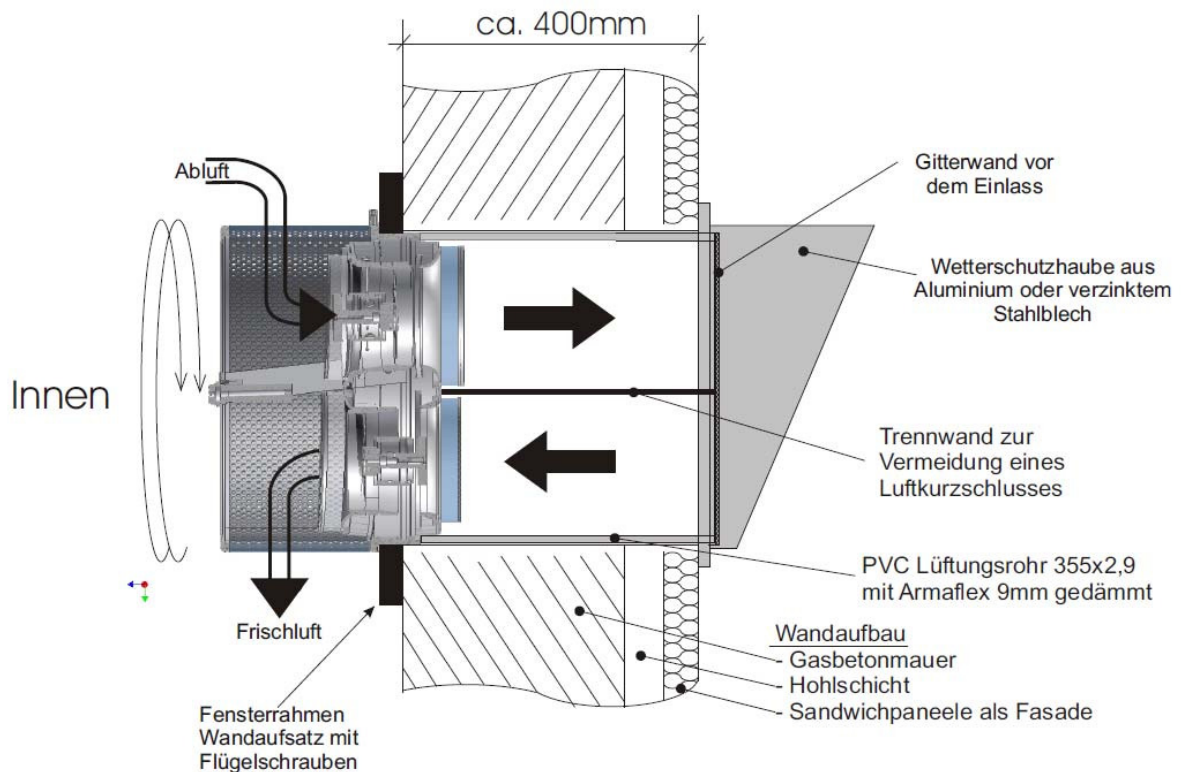


Abb. 6.3.10- 2: Schnitt durch den Ökolüfter (Quelle: SK-Elektronik)

Dieser Vorgang geschieht in einem rotierenden, aerodynamisch angetriebenen und freischwebend magnetisch gelagerten Energieaustauscher, der 90% der trockenen Wärme und 90% der Feuchtigkeit zurückgewinnt.

Im Rahmen von REG wurde in einen Besprechungsraum im 5. OG des Züblin-Hauses ein Ökolüfter zu Testzwecken eingebaut. Die Auswertung der Wärmerückgewinnung konnte auf Grund von beeinflusster Platzierung des Temperaturmessfühlers nicht wissenschaftlich durchgeführt werden. Die eingestellte CO<sub>2</sub>-abhängige Regelung funktionierte sehr gut. Leider war es nicht möglich den Volumenstrom im Betrieb kleiner als 80m<sup>3</sup>/h einzustellen, dies führte oftmals zu einer Auskühlung des Raums.

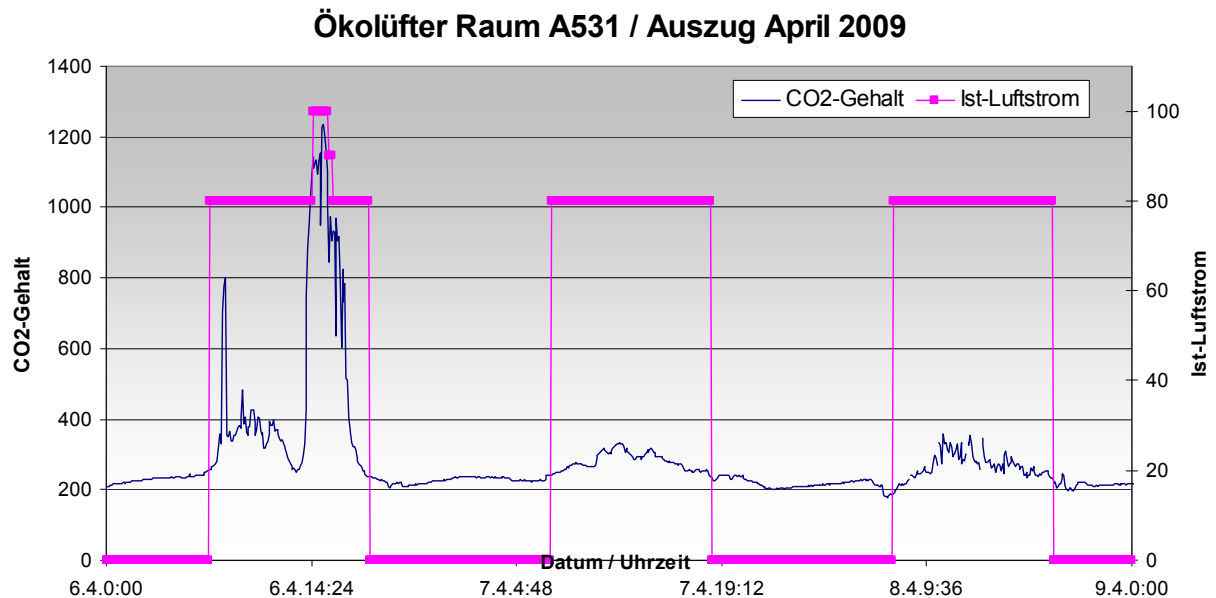


Abb. 6.3.10- 3: Auszug Messwerte des Ökolüfter

Die Raumnutzer empfanden die Lautstärke des Lüfters störend. Bei genauerer Betrachtung stellte sich heraus, dass sie Störquelle die Windgeräusche am Gerät und der Außenlärm (Dämmwirkung des Glas ist vermindert) sind und nicht die Ventilatoren.

Vorteile:

- nachrüstbares System in Räumen, die hohe Anforderungen an die Luftqualität haben und über keine mechanische Lüftung verfügen (z.B. Besprechungsräume).

Nachteile:

- Evtl. störende Betriebsweise in Räumen mit hohen Anforderungen an den Geräuschpegel
- Bei Einbau in Fenstern ist die Sicht nach Außen beeinträchtigt. (Störende Optik)

### 6.3.11 Option 11 - Photovoltaik

Photovoltaikanlagen nutzen die Strahlungsenergie der Sonne und wandeln sie direkt in elektrische Energie um. Diese Anlagen werden auf Dächern, an Fassaden oder, wenn der Platz vorhanden ist, auf freien Bodenflächen angebracht. Die Wirkungsgrade marktüblicher Solarmodule liegen zwischen 6 % (Dünnschichtmodule auf Siliziumbasis) und 18,5 % (monokristalline Module). Die Photovoltaikanlagen produzieren Gleichstrom, der direkt genutzt werden kann oder in Wechselstrom umgewandelt wird, um ihn in das öffentliche Netz einzuspeisen. Da die Stromgewinnung nach Sonneneinstrahlung erfolgt, ist der Energieertrag nicht konstant. Daher empfiehlt es sich, den Strom in das öffentliche Netz einzuspeisen. Besonders interessant sind die Photovoltaikanlagen durch die Regelung des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG), in dem die Subvention für den Strom aus Photovoltaikanlagen festgelegt ist. Den größten Ertrag an elektrischer Energie liefern Photovoltaikanlagen bei einem Sonneneinfallswinkel von 90°. Für Deutschland bedeutet das eine Neigung der Solarzellen von 30° gegen die Horizontale und eine direkte Ausrichtung nach Süden. Dann ist der Einstrahlungs- und Reflexionsverlust am geringsten. Erträge von über 90 % zum optimalen Aufstellungswinkel werden bei Aufstellungswinkeln zwischen 10° und 50° erreicht. Bei einer Abweichung von 45° nach Süd-Osten oder Süd-Westen kann mit Verlusten von 5 bis 10 % gerechnet werden. [Quelle: www.solaranlagen-portal.de]

**Relative Einschätzung:**

|                           |               |          |                |          |              |          |               |           |
|---------------------------|---------------|----------|----------------|----------|--------------|----------|---------------|-----------|
| <b>Investitionskosten</b> | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | sehr niedrig  |           |
| <b>Lebensdauer</b>        | <2 Jahre      | <5 Jahre | 10 Jahre       | 15 Jahre | 20 Jahre     | 30 Jahre | 40 Jahre      | >50 Jahre |
| <b>Betriebskosten</b>     | sehr hoch     |          | eher hoch      |          | eher niedrig |          | keine         |           |
| <b>Marktreife</b>         | Forschung     |          | Pilotumsetzung |          | Kleinserien  |          | Massenprodukt |           |
| <b>Marketingwert</b>      | sehr schlecht |          | eher schlecht  |          | eher gut     |          | sehr gut      |           |

Abb. 6.3.11- 1: Bewertung der Innovation im REG Bericht: Innovative Lösungen für Innovative Lösungen für ressourceneffiziente Bürogebäude – ein Überblick.

Die Züblin Hauptverwaltung hat auf dem Satteldach der Technikzentralen zwar viel Platz, aber die Dachflächen haben einen Azimut<sup>1</sup> von 90° und bestehen an der Oberfläche aus Titanzink-Blech mit einer Holzschalung. Da die Photovoltaikzellen an dieser Stelle einen viel geringeren Wirkungsgrad haben und der Montageaufwand sehr hoch ist, werden diese Flächen nicht in die Berechnung einbezogen. Auf der Südseite des A- und des B-Blocks gibt es im 4. OG eine Terrasse. Diese Terrassen bieten jeweils Platz für 9 Photovoltaikmodule mit optimaler Ausrichtung genau nach Süden, optimalem Neigungswinkel von 30° und ohne Verschattung. An der Fassade der Südseite des Züblin-Gebäudes können 192 Module, ebenfalls unter optimalen

Bedingungen, an den Brüstungen angebracht werden. Damit ergibt sich eine Gesamtzahl von 210 Photovoltaikmodulen mit optimalen Bedingungen. Folgende Daten für die Photovoltaikmodule wurden für die Untersuchung verwendet:

Modul Höhe = 1,7 m, Breite = 1,0 m, 205 Wp pro Modul

Solare Strahlung = 1092 kWh/m<sup>2</sup>a für Stuttgart [Quelle: Meteonorm].

Die Einheit kWp steht für die Spitzenleistung der Anlage.

Bei der Berechnung der Anlagenleistung und der Prognosedaten wird mit einem Standardmodul und Standardwechselrichter gerechnet:

elektrische Leistung für die gesamte Anlage

$$210\text{stk} \cdot 0,205\text{kWp} = 42,8\text{kWp}$$

spezifischer Jahresertrag

$$\frac{111\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$$

Jahresertrag der Anlage

$$\frac{111\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}} \cdot 357\text{m}^2 = \underline{\underline{39.852 \frac{\text{kWh}}{\text{a}}}}$$

Die Anlage hat eine installierte Leistung von 46,8 kW. Nach der aktuellen Auflage des EEG beträgt die Vergütung für Anlagen mit einer Leistung bis zu 100 kW 40,91 ct/kWh. Diese Vergütung ist gültig für den Zeitraum von 20 Jahren. Für die Wartung werden jährliche Kosten von 1 % des Gesamtwertes der Anlage gerechnet. Derzeit kann man mit 3.500 € pro installiertes kWp + 1.500 € für einen Wechselrichter rechnen.

Damit ergeben sich Gesamtkosten für die Anlage von 151.300 €.

### Wirtschaftlichkeitsberechnung

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung für die Photovoltaikanlage wird über einen Abschreibungszeitraum von 20 Jahren gerechnet – das entspricht der Dauer der Vergütung nach dem EEG. Für den Vergleich folgen weitere Berechnungen mit kürzeren Abschreibungszeiträumen. Es wird von einem Zinssatz von 5 % ausgegangen. Der Betrachtungszeitraum beträgt immer 20 Jahre.

| Preis Anlage                 | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|------------------------------|-----------------|---------------------|
| 151.300 €                    | 0,0802          | 12.134 €            |
| Vergütung EEG                |                 | 16.303 €            |
| Wartungskosten               |                 | 1.513 €             |
| <b>Jahresgewinn 20 Jahre</b> |                 | <b>2.656 €</b>      |
| <b>Gesamtgewinn 20 Jahre</b> |                 | <b>53.124 €</b>     |

*Tabelle 6.3.10- 1: Jährliche Gewinne nach 20 Jahren Abschreibung*

| Preis Anlage                 | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|------------------------------|-----------------|---------------------|
| 151.300 €                    | 0,0963          | 14.570 €            |
| Vergütung EEG                |                 | 16.303 €            |
| Wartungskosten               |                 | 1.513 €             |
| <b>Jahresgewinn 15 Jahre</b> |                 | <b>220 €</b>        |
| <b>Gesamtgewinn 20 Jahre</b> |                 | <b>77.256 €</b>     |

*Tabelle 6.3.11- 2 Jährliche Gewinne nach 15 Jahren Abschreibung*

| Preis Anlage                 | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|------------------------------|-----------------|---------------------|
| 151.300 €                    | 0,1295          | 19.593 €            |
| Vergütung EEG                |                 | 16.303 €            |
| Wartungskosten               |                 | 1.513 €             |
| <b>Jahresgewinn 10 Jahre</b> |                 | <b>-4.803 €</b>     |
| <b>Gesamtgewinn 20 Jahre</b> |                 | <b>99.876 €</b>     |

*Tabelle 6.3.11- 3 Jährliche Gewinne nach 10 Jahren Abschreibung*

| Preis Anlage                 | Anuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|------------------------------|----------------|---------------------|
| 151.300 €                    | 0,2310         | 34.950 €            |
| Vergütung EEG                |                | 16.303 €            |
| Wartungskosten               |                | 1.513 €             |
| <b>Jahresgewinn 5 Jahre</b>  |                | <b>-20.160 €</b>    |
| <b>Gesamtgewinn 20 Jahre</b> |                | <b>121.058 €</b>    |

*Tabelle 6.3.11- 4 Jährliche Gewinne nach 5 Jahren Abschreibung*

Für die Züblin Hauptverwaltung ist die Anschaffung einer Photovoltaikanlage rentabel.

Primärenergetisch kann sich das Züblin-Haus bei Berücksichtigung des Photovoltaikstroms wie folgt verbessern:

$$39.852 \text{ kWh} * 2,7 \text{ (Primärenergiefaktor Strom)} = 107.600 \text{ kWh}_{PE}$$

Auf die EnEV-Fläche bezogen kann der Bedarf um folgenden Betrag reduziert werden:

$$107.600 \text{ kWh}_{PE} / 17.377 \text{ m}^2 = 6,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

### 6.3.12 Matrix TGA

Variantenbildung

| Beschreibung                               | Option 1<br>Wärmeerzeugersersatz<br>durch Brennwertkessel | Option 2a<br>Wärmeerzeugersersatz<br>durch Blockheizkraftwerk<br>Brennstoff Erdgas | Option 2b<br>Wärmeerzeugersersatz<br>durch Blockheizkraftwerk<br>Brennstoff Biomasse |
|--|---|--|--|
| Investition                                | +++   | -  | --   |
| LCC  | ++  | +  | +  |
| Ökologie                                   | o   | +++  | +++  |
| Durchführbarkeit                           | +++   | o  | -  |
| Einordnung in<br>ganzheitliche<br>Variante | V1a+b   | V2   | V3   |

| Beschreibung                               | Option 3<br>Wärmeerzeugersersatz<br>durch Geothermie und<br>Wärmepumpe | Option 4<br>Wärmeerzeugung über<br>Abwasserkanal und<br>Wärmepumpe | Option 5<br>Erneuerung der<br>Raumregelung und<br>Verteilleitungen |
|--|--|--|--|
| Investition                                | --   | --   | +++  |
| LCC  | ++   | +++  | +++  |
| Ökologie                                   | +  | ++   | +++  |
| Durchführbarkeit                           | ---  | ---  | +++  |
| Einordnung in<br>ganzheitliche<br>Variante | nein   | nein   | alle Varianten   |



| Beschreibung                         | Option 6<br>Energierückgewinnung bei Aufzügen | Option 7<br>Reduzierung Stand-by-Betrieb der Büro-EDV | Option 8<br>Einsatz von LED – (Lichtemittierende Dioden) Beleuchtung |
|--------------------------------------|---|---|--|
| Investition                          | ---   | --  | +  |
| LCC                                  | -   | +   | +++  |
| Ökologie                             | +   | +   | +++  |
| Durchführbarkeit                     | ---   | ---   | +++  |
| Einordnung in ganzheitliche Variante | nein  | nein  | alle Varianten   |

| Beschreibung                         | Option 9<br>Händetrocknung mit innovativer Technik | Option 10<br>Dezentrale Lüftung mit Ökolüfter | Option 11<br>Primärenergiegutschrift durch Photovoltaik |
|--------------------------------------|--|---|---|
| Investition                          | o  | -   | o   |
| LCC                                  | +++  | +   | +++   |
| Ökologie                             | ++   | +   | +++   |
| Durchführbarkeit                     | -  | -   | ---   |
| Einordnung in ganzheitliche Variante | nein   | nein  | "Potentialangabe"                                       |

## 6.4 Z-zwo

Für das Z-zwo wurde die energetischen und vor allem wirtschaftlichen Aspekte vom Einbau eines BHKW und von LEDs untersucht.

### 6.4.1 BHKW

Für das Züblin Z-Zwo-Gebäude wird ebenfalls ein BHKW ausgelegt, um zu untersuchen, ob der Einsatz eines solchen sinnvoll ist. Für die Berechnung wird ein Aggregat vom gleichen Hersteller wie bei der Züblin Hauptverwaltung ausgewählt. SOKRA Therm® (GG 70), Erdgas betrieben. Das BHKW erzeugt 114 kW Heizleistung und erzeugt dabei 70 kW Strom. Das Z-zwo Gebäude hat eine Heizlast von 413 kW (Daten ebenfalls aus EnEV-Nachweis), d.h. das BHKW deckt 27,6 % der Heizlast ab bei einer theoretischen Laufzeit von 5.611 h. Das Datenblatt mit den erforderlichen Werten befindet sich im Anhang 4. Das Verfahren für die Berechnung des BHKW entspricht dem der Züblin Hauptverwaltung.

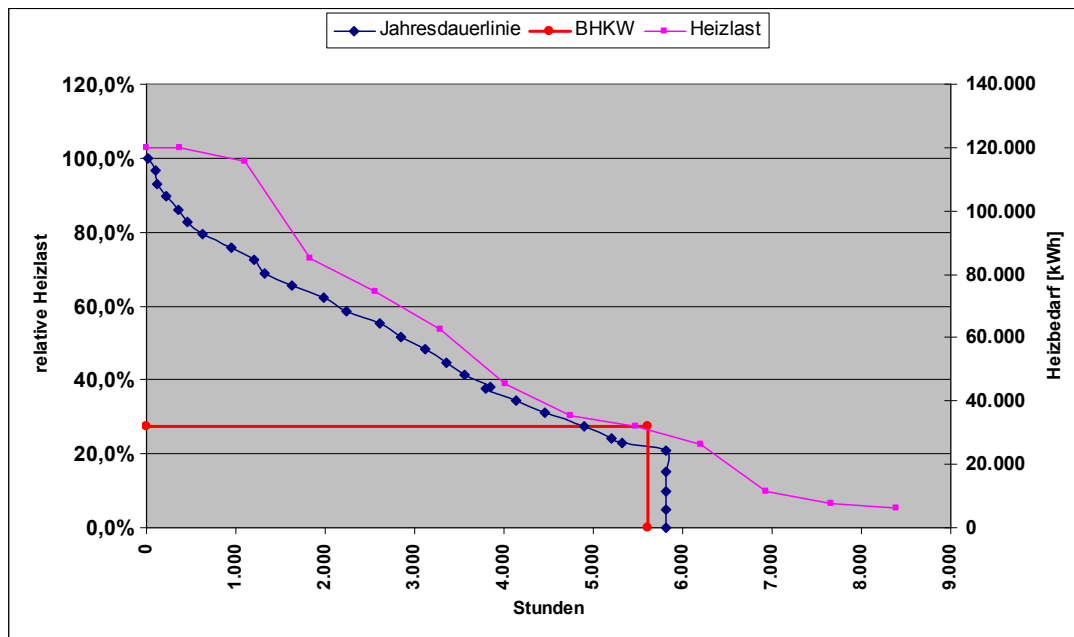


Abb. 6.4.1- 1: Jahresdauerlinie mit BHKW GG70, 2006

| Monat             | Wärme                 |  |                |                     |                | Strom          |                     |                   |                                   |                              |
|-------------------|-----------------------|--|----------------|---------------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                   | Energie Eingang [kWh] | Feuerungst. Wirkungsgrad $\eta$ der Anlage | Bedarf [kWh]   | Deckung des Bedarfs |                | Bedarf [kWh]   | Deckung des Bedarfs |                   | Überschuss-Stromeinspeisung [kWh] | Erzeugung KWK-Aggregat [kWh] |
|                   |                       |  |                | KWK-Aggregat [kWh]  | Kessel [kWh]   |                | KWK-Aggregat [kWh]  | Zusatzstrom [kWh] |                                   |                              |
| Jan               | 120.919               | 0,99                                       | 119.710        | 79.355              | 40.354         | 49.421         | 48.407              | 1.014             | 0                                 | 48.407                       |
| Feb               | 116.719               | 0,99                                       | 115.552        | 63.715              | 51.837         | 45.633         | 38.866              | 6.767             | 0                                 | 38.866                       |
| Mrz               | 75.483                | 0,99                                       | 74.728         | 60.671              | 14.057         | 48.290         | 37.009              | 11.281            | 0                                 | 37.009                       |
| Apr               | 45.851                | 0,99                                       | 45.392         | 37.438              | 7.955          | 42.959         | 22.837              | 20.122            | 0                                 | 22.837                       |
| Mai               | 32.415                | 0,99                                       | 32.090         | 15.835              | 16.256         | 46.125         | 9.659               | 36.466            | 0                                 | 9.659                        |
| Jun               | 7.612                 | 0,99                                       | 7.536          | 7.536               | 0              | 42.999         | 4.597               | 38.402            | 0                                 | 4.597                        |
| Jul               | 6.303                 | 0,99                                       | 6.240          | 0                   | 6.240          | 49.040         | 0                   | 49.040            | 0                                 | 0                            |
| Aug               | 26.761                | 0,99                                       | 26.494         | 9.223               | 17.271         | 50.941         | 5.626               | 45.315            | 0                                 | 5.626                        |
| Sep               | 11.764                | 0,99                                       | 11.647         | 3.990               | 7.657          | 49.321         | 2.434               | 46.887            | 0                                 | 2.434                        |
| Okt               | 35.478                | 0,99                                       | 35.124         | 25.582              | 9.542          | 53.538         | 15.605              | 37.933            | 0                                 | 15.605                       |
| Nov               | 63.122                | 0,99                                       | 62.491         | 43.981              | 18.510         | 55.287         | 26.829              | 28.458            | 0                                 | 26.829                       |
| Dez               | 86.116                | 0,99                                       | 85.255         | 57.399              | 27.856         | 56.945         | 35.013              | 21.932            | 0                                 | 35.013                       |
| <b>Summe Jahr</b> | <b>628.545</b>        |  | <b>622.260</b> | <b>404.724</b>      | <b>217.536</b> | <b>590.499</b> | <b>246.881</b>      | <b>343.618</b>    | <b>0</b>                          | <b>246.881</b>               |

Tab. 6.4.1- 1: Bilanzierung Wärmejahresganglinie BHKW, Z-Zwo

### Wirtschaftlichkeitsberechnung – Abschreibung über wirtschaftliche Lebensdauer (15 Jahre):

In der nachfolgenden Tabelle sind die Energieerträge und die damit verbundenen Kosten für die bestehende und die zu betrachtende alternative Anlage zusammengestellt:

| Anlage Z-Zwo             |                | Energie Eingang<br>[kWh/a] | Kosten Energie<br>[€/a] | nutzbare Heizenergie<br>[kWh/a] |
|--------------------------|----------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| <b>Bestehende Anlage</b> | Kessel alleine | 628.545                    | 34.622                  | 622.260                         |
| <b>BHKW Konzept</b>      | BHKW           | 724.014                    | 39.880                  | 404.724                         |
|                          | Kessel Rest    | 219.733                    | 12.103                  | 217.536                         |
|                          | Summe          | 943.747                    | 51.984                  | 622.260                         |
|                          | Zusatz Strom   |                            |                         | 246.881                         |

Tab. 6.4.1- 2: Übersicht Kosten, Energie der zu vergleichenden Anlagen

Das BHKW und die Restabdeckung der Kessel verbrauchen mehr Energie als die ursprüngliche Heizanlage. Dabei entstehen **Mehrkosten von 17.362 €**. Zusätzlich zur Heizenergie liefert das BHKW 246.881 kWh Strom. Die Konditionen sind die gleichen wie die der Züblin Hauptverwaltung. 50 kW Anlagenleistung bedeuten bei einer Gesamtleistung von 70 kW<sub>el</sub> einen Anteil von 71,43 %, d.h. dass 71,43 % der erzeugten Energie mit dem höheren Zuschuss vergütet werden. Die Ersparnis der Mineralölsteuer setzt sich anders zusammen, da diese Anlage einen höheren elektrischen Wirkungsgrad hat:

Steuer für Erdgas = 0,55 ct/kWh (Ho)\*1,1 = 0,605 ct/kWh (Hu). Für den elektrischen Wirkungsgrad von 34,3 % bedeutet das eine Ersparnis von

$$\frac{0,605 \text{ ct} / \text{kWh}}{0,343} = \underline{1,764 \text{ ct} / \text{kWh}} .$$

Daraus ergibt sich eine Gesamtersparnis von

3,814 ct/kWh. Allerdings müssen auch die Wartungskosten für das BHKW berücksichtigt werden. Aus der Veröffentlichung der ASUE „BHKW-Kenndaten 2005“ wird ein Richtwert für die Wartungskosten von 1,813 ct/kWh<sub>el</sub> pro Jahr ermittelt. Damit kommt man auf folgende Ergebnisse:

| Strom [kWh/a]                  | Ertrag          | Vergütung [€/kWh] | Summe [€/a]     |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 246.881                        | Eigennutzung    | 0,0924942         | 22.835 €        |
| 176.347                        | KWK-G Vergütung | 0,0511            | 9.011 €         |
| 70.534                         | KWK-G Vergütung | 0,021             | 1.481 €         |
| 246.881                        | Steuerersparnis | 0,03814           | 9.416,06 €      |
| 246.881                        | Wartungskosten  | 0,01813           | -4.475,96 €     |
| <b>Gesamtertrag</b>            |                 |                   | <b>38.268 €</b> |
| <b>Mehrkosten</b>              |                 |                   | <b>17.362 €</b> |
| <b>Ersparnis erste 6 Jahre</b> |                 |                   | <b>20.906 €</b> |
| <b>Ersparnis Restlaufzeit</b>  |                 |                   | <b>10.413 €</b> |

Tab. 6.4.1- 3: Einsparungen pro Jahr durch BHKW

Laut Herstellerinformation hat das BHKW eine wirtschaftliche Lebensdauer von 15 Jahren. Es wird von einem Abschreibungszins von 5 % ausgegangen. Daraus ergibt sich aus Tabelle A8, VDI 2067 ein Annuitätsfaktor von 0,0963. Für eine schlüsselfertige Anlage wird vom Hersteller ein Preis von 115.000 € angesetzt (der Preis ist ein grober Richtpreis und kann nach Projekt variieren!).

| Preis Anlage                 | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|------------------------------|-----------------|---------------------|
| 115.000 €                    | 0,0963          | 11.075 €            |
| Gewinn erste 6 Jahre         |                 | 9.831 €             |
| Gewinn Restlaufzeit          |                 | -661 €              |
| <b>Gesamtgewinn 15 Jahre</b> |                 | <b>53.035 €</b>     |

Tab. 6.4.1- 4: Jährliche Gewinne nach 15 Jahren Abschreibung

Durch die Vergünstigungen des Kraftwärmekopplungs-Gesetzes werden gerade in den ersten 6 Jahren deutliche Gewinne erzielt. Nach Ablauf der Vergünstigungsfrist sind die Gewinne immer noch beachtlich. Da über den gesamten Zeitraum die jährlichen Gewinne höher sind als die Belastungen, kann die Anlage als wirtschaftlich bezeichnet werden.

**Wirtschaftlichkeitsberechnung – Abschreibung über Vergütungsfrist (6 Jahre):**

Zum Vergleich wird die Finanzierung noch einmal über einen Zeitraum von 6 Jahren berechnet, das ist der Zeitraum in dem die Vergütungen durch das Kraftwärmekopplungs-Gesetz gutgeschrieben werden. Für den Zeitraum von 6 Jahren und bei einem Zinssatz von 5 % erhält man einen Annuitätsfaktor von 0,1970. Damit berechnen sich die folgenden Ergebnisse:

| Preis Anlage             | Annuitätsfaktor | jährliche Belastung |
|--------------------------|-----------------|---------------------|
| 115.000 €                | 0,1970          | 22.655 €            |
| Gewinn erste<br>6 Jahre  |                 | -1.749 €            |
| Gewinn<br>Restlaufzeit   |                 | 10.413 €            |
| Gesamtgewinn<br>15 Jahre |                 | <b>83.222 €</b>     |

Tab. 6.4.1- 5: Jährliche Gewinne nach 6 Jahren Abschreibung

Bei dem Vergleich der beiden Finanzierungsmodelle zeigt sich, dass die Abschreibungsvariante über einen Zeitraum von 6 Jahren deutlich lukrativer ist. Es wird ein um 30.187 € höheren Gesamtgewinn erzielt.

Im Fall einer direkten Bezahlung ergibt sich eine **Amortisationszeit von 5,5 Jahren**.

**6.4.2 LED**

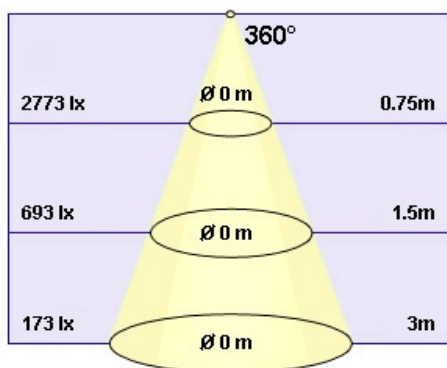
Die Flure im Züblin Z-Zwo-Gebäude sind mit Lampen beleuchtet deren Leuchtmittel mit speziellen Sockeln ausgestattet sind. Es gibt momentan noch keine LED-Leuchten für solche Sockel. Aus diesem Grund wird nur der Austausch der Leuchtmittel in den Treppenhäusern in Betracht gezogen.

Die Lampen in den Treppenaufgängen sind mit 2x 55 W, E27 Leuchtstofflampen bestückt. Die Leuchten sollen durch die gleichen LED-Kerzen ersetzt werden, die schon beim Hauptverwaltungsgebäude verwendet worden sind. Der Abstand zum Boden beträgt 3 m. Da zwei LED direkt nebeneinander eingesetzt werden, kann die Beleuchtungsstärke überschlägig verdoppelt werden.

Lichtstärke (Candela):  mcd

Lichtstrom (Lumen):  lm

Beleuchtungsstärke (Lux):  lx



Abstrahlwinkel:  °

Entfernung\*:  m

\* Die Entfernung wird benötigt, wenn von oder nach Lux umgerechnet werden soll.

Abb. 6.4.2- 1: LED-Lichtrechner - Ergebnisse für Ersatz LED, Beleuchtung Treppe

Durch den Einsatz von zwei LED-Einheiten wird der für Treppenhäuser geforderte Wartungswert von 150 lx am Boden eingehalten. Ersetzt man die bisher montierten Leuchten durch LED erspart das eine Leistungsaufnahme von:

| Leuchtmittel             | Stromverbrauch [W] | Anzahl Leuchten [Stk] | Gesamtverbrauch [W] | Leistungseinsparung [W] |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| Leuchtstofflampe (2x55W) | 110                | 80                    | 8.800               | 8.320                   |
| LED                      | 6                  |                       | 480                 |                         |

Tab. 6.4.2- 1: Gesparte Leistungsaufnahme durch Einsatz von LED, Züblin Z-Zwo

Mit dem Strompreis von 0,0924942 €/kWh und den anfallenden Aufwendungen für die LED-Leuchten erhält man eine Amortisationszeit von:

| Leuchtmittel | Preis pro Stück [€] | Gesamtkosten Leuchtmittel [€] | Betriebsstunden pro Jahr [h/a] | Gesparte Stromkosten im Jahr [€] | Amortisationszeit [a] |
|--------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| LED          | 13,99               | 1.119                         | 2750                           | 2.116                            | <b>0,5</b>            |

Tab. 6.4.2- 2: Amortisationszeit für den Austausch durch LED, Züblin Z-Zwo

Durch die enorme Differenz bei der Stromaufnahme zahlt sich der Einsatz von LED in diesem Gebäude nach sehr kurzer Zeit aus. Es ist allerdings zu beachten, auch wenn die vorgegebene Beleuchtungsstärke eingehalten wird, dass in diesem Fall deutliche Abstriche bei der Helligkeit der Treppenhäuser gemacht werden, d.h. die vorhandene Beleuchtung hat eine höhere Beleuchtungsstärke als von der DIN EN 12464-1 vorgegeben. Die LED sind nur auf die Einhaltung der Vorgaben ausgelegt.

## 6.5 Variantenfestlegungen

### 6.5.1 Beschreibung

In den Kapiteln 6.2 und 6.3 wurden unterschiedliche Optimierungsvorschläge für das Bestandsgebäude Züblinhaus in der TGA und in der Baukonstruktion beschrieben, die dazugehörigen Kosten ermittelt und Matrixauswertungen erstellt.

Für eine gesamtheitliche Optimierung wurden folgen Variantenbildungen festgelegt:

| Varianten         | Maßnahmen Baukonstruktion       | Maßnahmen TGA  |
|-------------------|---------------------------------|--|
| <b>Variante 1</b> | Austausch der Bestandverglasung | <p>Wärmeerzeugeraustausch durch Brennwertkessel.</p> <p>Erneuerung der Raumregelung und Dämmung der Leitungen.</p> <p>Die Verkehrswege erhalten LED-Beleuchtung 1W/m<sup>2</sup>.</p> <p>Nachfolgende Maßnahmen sind nicht den bei Optionen beschrieben, da deren Wirksamkeit hinreichend bekannt ist:</p> <p>Die Teilklimaanlage im Vorstandbereich erhält eine</p> |

|                    |   |  |
|--------------------|---|--|
|                    |   | <p>Wärmerückgewinnung mit 75%.</p> <p>Das Warmwasser wird dezentral (elektrisch) erzeugt.</p>  |
| <b>Variante 1a</b> | <p>Alternative zu V1:</p> <p>Aufbringen einer Energiesparfolie</p>  | <p>Wie V1</p>  |
| <b>Variante 2</b>  | <p>Kompletttausch der Fensterelemente mit gleichzeitiger Verbesserung der Wärmebrückenanschlüsse und Dichtigkeitsanschlüsse im Fensterbereich.</p> <p>Zusätzlich werden die Außenwand- und Dachflächen durch zusätzliche Dämm-Maßnahmen ertüchtigt.</p> | <p>Wärmeerzeugeraustausch durch Blockheizkraftwerk 40%. Die restlichen 60% werden durch einen verbesserten Brennwertkessel gedeckt.</p> <p>Die Verkehrswege erhalten LED-Beleuchtung 1W/m<sup>2</sup>.</p> <p>Nachfolgende Maßnahmen sind nicht bei den Optionen beschrieben, da deren Wirksamkeit hinreichend bekannt ist:</p> <p>Die Teilklimaanlage im Vorstandsbereich erhält eine Wärmerückgewinnung mit 75%.</p> <p>Eine weitere Teilklimaanlage mit Kühlfunktion sorgt in den Büros für mehr Komfort (Wärmerückgewinnung mit 75%).</p> <p>Die Bürobeleuchtung wird mit aktuellen Leuchtmitteln ausgestattet 10,5 W/m<sup>2</sup></p> <p>Das Warmwasser wird dezentral (elektrisch) erzeugt.</p> |
| <b>Variante 3</b>  | <p>Virtuelle Ertüchtigung der kompletten Gebäudehülle im Passivhausstandard</p>   | <p>Wie V2 jedoch ist der Druckverlust der Luftleitungen auf eine optimale Auslegung reduziert</p> <p>Der Gesamtwirkungsgrad der Teilklimaanlage ist auf 70 % gesetzt</p> <p>Das Blockheizkraftwerk wird mit Biomasse anstatt Erdgas betrieben.</p>   |



## 6.5.2 Kostenzusammenstellungen

### Kostenzusammenstellung Baukonstruktion

Nachfolgend die baukonstruktiven Kosten aller 4 Varianten. Hierbei wird unterschieden von klassischen Sanierungskosten und virtuellen Kosten. Zu den klassischen Sanierungskosten zählen die Varianten V1, V1a und V2, hier wurden die Mehrkosten für den Austausch und die energetische Ertüchtigung des Bestandsgebäudes ermittelt.

In Variante V3 wird virtuell überlegt, welche Mehrkosten entstanden wären, wenn das Bestandsgebäude bereits zum Zeitpunkt der Erstellung als Passivhausstandard ausgeführt worden wäre.

| Kostenzusammenstellung Baukonstruktion -- Varianten    |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| Variantentypen   | Variante 1   | Variante 1a<br>Alternative zu V1                         | Variante 2  | Variante 3  |
| Kurzbeschreibung / Maßnahmen                           | Austausch der Bestandsverglasung durch Wärmeschutzverglasung | Ertüchtigung der Bestandsverglasung mit Energiesparfolie | Erneuerung der kompletten Fensterelemente mit Wärmeschutzverglasung sowie zusätzlicher Innendämmung auf opake Fassadenelemente und Dachsanierung mit 16 cm Wärmedämmung | virtuelle Ertüchtigung der kompletten Gebäudehülle auf Passivhausstandard<br><br>Preise sind ΔBetrag zwischen Mehraufwendungen von Bestand und Ertüchtigung |
| <b>AUSTAUSCH bzw. ERTÜCHTIGUNG als Bestandsgebäude</b> | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>                          | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>                      | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>   | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>   |
| <u>Fenster</u>   |  |  |   |   |
| Neu-Verglasung   | <b>386.835.-- € <sup>2)</sup></b>                            | --   | --  | --  |
| Folien auf Bestand                                     | --   | <b>279.905.-- € <sup>2)</sup></b>                        | --  | --  |
| Neue Fensterelemente                                   | --   | --   | <b>1.695.361,50 € <sup>2)</sup></b>   | --  |
| <u>opake Bauteile</u>                                  |  |  |   |   |
| zus. Innendämmung                                      | --   | --   | <b>201.778.00 € <sup>2)</sup></b>   | --  |
| Flachdachsanierung                                     | --   | --   | <b>207.899,50 € <sup>3)</sup></b>   | --  |
| <b>Summe <sup>1), 2), 3)</sup></b>                     | <b>386.835.-- €</b>  | <b>279.905.-- €</b>                                      | <b>2.108.039.-- €</b>   | --  |

| Variantentypen  | Variante 1   | Variante 1a<br>Alternative zu V1                         | Variante 2  | Variante 3  |
|---|--|--|---|---|
| Kurzbeschreibung / Maßnahmen  | Austausch der Bestandsverglasung durch Wärmeschutzverglasung | Ertüchtigung der Bestandsverglasung mit Energiesparfolie | Erneuerung der kompletten Fensterelemente mit Wärmeschutzverglasung sowie zusätzlicher Innendämmung auf opake Fassadenelemente und Dachsanierung mit 16 cm Wärmedämmung | virtuelle Ertüchtigung der kompletten Gebäudehülle auf Passivhausstandard<br><br>Preise sind $\Delta$ Betrag zwischen Mehraufwendungen von Bestand und Ertüchtigung |
| <b>Mehrkosten zwischen Bestandsausführung und Passivhausstand.</b>                              | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>                          | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>                      | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>   | <b>in Euro, netto <sup>1)</sup></b>   |
| <u>Fenster</u>  |  |  |   |   |
| Passivhausfenster   | --   | --   | --  | <b>1.348.200,00 € <sup>3)</sup></b>   |
| <u>Mehrdämmstärken vereinfacht</u>  | --   | --   | --  |   |
| Dachflächen   | --   | --   | --  | <b>13.958,36 € <sup>3)</sup></b>  |
| opake Fassaden  | --   | --   | --  | <b>59.194,10 € <sup>3)</sup></b>  |
| UG-Flächen  | --   | --   | --  | <b>27.174,57 € <sup>3)</sup></b>  |
|   |  |  |   | <b>51.276,69 € <sup>3)</sup></b>  |
| Sonstige Flächen  | --   | --   | --  | <b>32.115,86 € <sup>3)</sup></b>  |
| <b><math>\Delta</math> Summe <sup>1), 3)</sup> =<br/>Summe Ertüchtigung<br/>- Summe Bestand</b> | --   | --   | --  | <b>1.531.919,58 €</b>   |

1) Prognose Herstellkosten ohne: BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleitung etc.

2) siehe Kostenaufstellung Anlage K1 und K2

3) siehe Kostenaufstellung Anlage K3, Preise 2009xxx

Kostenzusammenstellung TGA

Nachfolgend die TGA-Kostenprognosen aller 4 Varianten.

| Kostenzusammenstellung TGA - Varianten  |                    |                                  |                    |                      |
|---|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------|
| Variantentypen                          | Variante 1         | Variante 1a<br>Alternative zu V1 | Variante 2         | Variante 3           |
| Kurzbeschreibung /<br>Maßnahmen         |                    |                                  |                    |                      |
| Prognose                                | in Euro, netto     | in Euro, netto                   | in Euro, netto     | in Euro, netto       |
| Brennwertkessel<br>100%                 | 45.000.- €         | 45.000.- €                       | --                 | --                   |
| 60%                                     | --                 | --                               | 27.000.- €         | 24.000.- €           |
| BHKW                                    |                    |                                  | 225.000.- €        | 180.000.- €          |
| Pelletspeicher                          |                    |                                  |                    | 40.000.- €           |
| Leuchtmitteltausch in<br>Fluren         | 23.948.- €         | 23.948.- €                       | 23.948.- €         | 23.948.- €           |
| WRG in<br>Vorstandsbereich              | 3.000.- €          | 3.000.- €                        | 3.000.- €          | 3.000.- €            |
| Warmwasser<br>dezentral                 | 21.000.- €         | 21.000.- €                       | 21.000.- €         | 21.000.- €           |
| Raumregelung und<br>Leitungsämmung      | 38.688.- €         | 38.688.- €                       | 38.688.- €         | 38.688.- €           |
| Teilklimaanlage<br>Büros                |                    |                                  | 450.000.- €        |                      |
| Neue<br>Bürobeleuchtung                 |                    |                                  | 200.000.- €        | 200.000.- €          |
| Verbesserte<br>Teilklimaanlage<br>Büros |                    |                                  |                    | 650.000.- €          |
|   |                    |                                  |                    |                      |
|   |                    |                                  |                    |                      |
| <b>Summe</b>                            | <b>131.636.- €</b> | <b>131.636.- €</b>               | <b>988.636.- €</b> | <b>1.180.636.- €</b> |

## 6.6 Vergleichsdarstellung Variante 1- 3

### 6.6.1 Energieeinsparverordnung 2007

In nachfolgender Tabelle sind die wichtigsten Eingabekenndaten und Ergebnisse aller 4 Varianten für die Berechnungen der Energieeinsparverordnung 2007 gegenübergestellt.




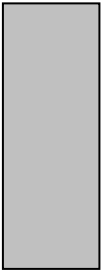
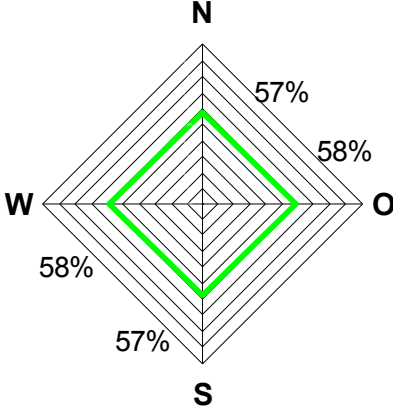
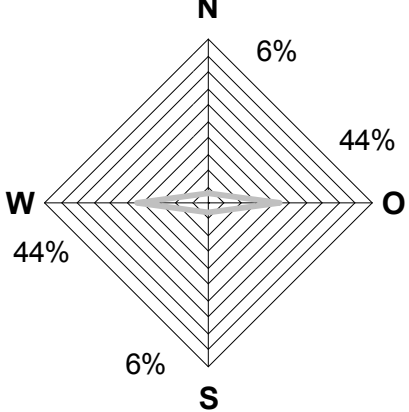
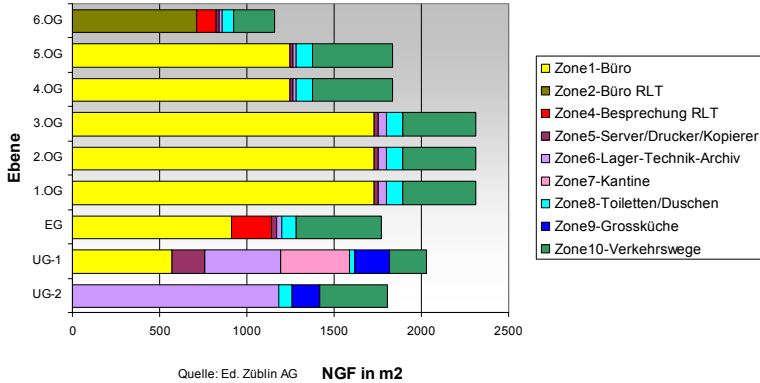
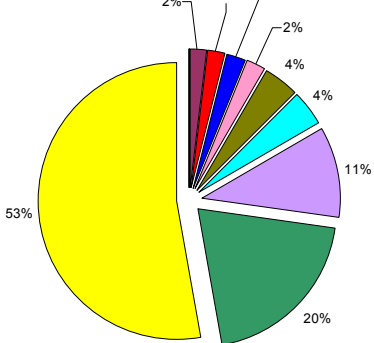
| Gebäudehülle / Gebäudekörper <sup>1)</sup>  |   |  |
|---|---|--|
| Beheizter BRI $V_e$ :   | Beheizte Gebäudehülle A:  | Nettogrundfläche (lt. EnEV) :  |
|  61 096,4 m <sup>3</sup>   |  16 492,6 m <sup>2</sup> |  17 377,7 m <sup>2</sup> NGF                |
| Geschosshöhe: 3,00 m (i. M.)  | Formfaktor A/Ve: 0,269  | Geschossanzahl ab EG: 6 Geschosse  |
| Orientierung:   | Fensterflächenanteil / Orientierung:  | Senkrechter Fassadenanteil / Orientierung:   |
| N<br>  |                         |    |
|   | Gesamt-Fensterflächenanteil: 57,7 %   |  |
| Zonierung <sup>2)</sup>   |   |  |
| <p><b>NGF Verteilung pro Ebene - Züblinhaus</b></p>  <p>Quelle: Ed. Züblin AG NGF in m<sup>2</sup></p> |   | <p><b>Prozentuale NGF Verteilung</b></p>  |

Abb.: 6.6.1- 1

| Baukonstruktion / Gebäudehülle                     |                   |                 |                          |                           |                   |        |                  |        |
|--|-------------------|-----------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|--------|------------------|--------|
|  | Nullmessung       |                 | Variante 1 / Variante 1a |                           | Variante 2        |        | Variante 3       |        |
|  |                   | W/m²K           |                          | W/m²K                     |                   | W/m²K  |                  | W/m²K  |
| Fensterelemente                                    | U                 | 2,60            | U                        | 1,60 / 1,80               | U                 | 1,40   | U                | 0,80   |
|  | g                 | 0,8<br>(0,7)    | g                        | 0,61 / 0,40               | g                 | 0,61   | g                | 0,50   |
|  | T <sub>L</sub>    |                 | T <sub>L</sub>           | 0,80 / 0,71               | T <sub>L</sub>    | 0,80   | T <sub>L</sub>   | 0,8    |
|  | FC                | 0,21<br>(0,25)  | FC                       | 0,25                      | FC                | 0,25   | FC               | 0,25   |
| AW1 zweischalig<br>Brüstung unter<br>Fensterband   | U <sub>AW</sub>   | 0,513/<br>0,490 | U <sub>AW</sub>          | siehe<br>Null-<br>messung | U <sub>AW</sub>   | 0,35   | U <sub>AW</sub>  | 0,15   |
| AW2 zweischalig<br>Stirnseite Gebäude              | U <sub>AW</sub>   | 0,442           | U <sub>AW</sub>          |                           | U <sub>AW</sub>   | 0,35   | U <sub>AW</sub>  | 0,15   |
| AW3 Pfeiler mit<br>Innendämmung                    | U <sub>AW</sub>   | 0,555/<br>0,529 | U <sub>AW</sub>          |                           | U <sub>AW</sub>   | 0,35   | U <sub>AW</sub>  | 0,15   |
| Flachdächer<br>3./5.OG<br>über 5.OG (Glashof)      | U <sub>DA</sub>   | 0,448<br>0,436  | U <sub>DA</sub>          |                           | U <sub>DA</sub>   | 0,25   | U <sub>DA</sub>  | 0,15   |
| Restl. Flächen                                     | s. Bauteilkatalog |                 | s. Bauteilkatalog        |                           | s. Bauteilkatalog |        | U                | 0,20   |
| Wärmebrücken-<br>zuschlag                          | ΔU <sub>WB</sub>  | 0,15            | ΔU <sub>WB</sub>         | s. Null-<br>messung       | ΔU <sub>WB</sub>  | 0,05   | ΔU <sub>WB</sub> | 0,05   |
| Anforderungen                                      | max               | ist             | max                      | ist                       | max               | ist    | max              | ist    |
| H <sub>T</sub> (W/m²K)                             | 1,24              | 1,10            | 1,24                     | 0,88 /                    | 1,24              | 0,72   | 1,24             | 0,35   |
| Unter-<br>/Überschreitung<br>EnEV 2007<br>(Neubau) | - 11,3 %          |                 | - 29,0 % /               |                           | -41,9 %           |        | -71,8 %          |        |
| Anforderungen<br>Primärenergiebedarf               | max               | ist             | max                      | ist                       | max               | ist    | max              | ist    |
| Q <sub>p</sub> (kWh/m²a)                           | 247,30            | 359,70          | 253,95 /<br>254,60       | 252,76/<br>262,90         | 294,48            | 183,58 | 296,47           | 94,06  |
| Unter-<br>/Überschreitung<br>EnEV 2007<br>(Neubau) | +45,4 %           |                 | - 0,1% /<br>+3,2 % (V1a) |                           | - 37,6%           |        | - 67,8%          |        |
| Luftdichtigkeit                                    |                   | Kat. II         |                          | s. Null-<br>messung       |                   | Kat. I |                  | Kat. I |
| Korrekturfaktoren<br>zur Glashalle                 |                   |                 | 0,50                     |                           | 0,50              |        | 0,50             |        |

Tab.: 6.6.1- 1

| TGA-Anlagen  |                  |  |  |   |
|--|------------------|--|--|---|
|  | Nullmessung      | V1 bzw. V1a  | V2   | V3  |
| Kühlung  | -<br>-<br>-      | -<br>-<br>-  | - über Lüftung<br>-<br>-   | -<br>-<br>-   |
| Lüftung  | -<br>-<br>-<br>- | Zone 2 mit WRG 75%<br>-<br>-<br>-                        | - Zone 1 Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlf. WRG 75%<br>- Zone 2 wie Var. 1<br>-                               | - wie Var. 2<br>- Druckverlust der Luftleitungen wurde reduziert<br>-Gesamtwirkungsgrad auf 70% gesetzt |
| Beleuchtung  | -<br>-           | -Zone 10<br>1W/m <sup>2</sup> (LED)                      | -Zone 1 10,5 W/m <sup>2</sup><br>-Zone 10 wie Var. 1   | - wie Var. 2<br>-   |
| Warmwasser   | -<br>-           | -dezentral (elektrisch)                                  | -wie Var. 1-<br>-  | -<br>-  |
| Heizung  | -<br>-<br>-      | - verbesserter Brennwertkessel<br>- Heizleitungen dämmen | - BHKW (fossil)<br>-deckt 40% der Jahresheizenergie<br>- verbesserter Brennwertkessel deckt die restlichen 60% | - wie V2 jedoch wird das BHKW mit erneuerbaren Brennstoffen betrieben                                   |
| Sonstiges  |                  |  |  |   |
| Innere Lasten wurden bei Var. 3 an energieeffiziente EDV angepasst   |                  |  |  |   |
| Hauptnutzung ( Istzustand ) : Einzelbüro insges. 9 878 m <sup>2</sup> ( 14 m <sup>2</sup> NGF/Pers), Verkehrsflächen 3492,4 m <sup>2</sup> , Lager/Technik 1840 m <sup>2</sup> |                  |  |  |   |

Tab.: 6.6.1- 2

In nachfolgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der normativen Endenergiebedarfs- und Primärenergiebedarfsermittlungen aller Varianten gegenübergestellt.

Beim Endenergiebedarf ist zu erkennen, dass bereits nur der Austausch der Bestandsverglasung zur Verbesserung des U-Wertes von 2,60 W/m<sup>2</sup>K auf 1,60 W/m<sup>2</sup>K und der Einbau eines Brennwertkessels den Endenergiebedarf um ca. 36 % verbessert.

Die ähnliche Verbesserung kann erreicht werden, wenn eine Lüftungsanlage mit Heizung und Kühlung in den Büroflächen eingebaut werden soll, um den Komfort in den Sommermonaten zu verbessern. Um dieselbe Verbesserung von ca. 36% im Endenergiebedarf zu erreichen, müssen jedoch zusätzlich, höhere Investitionen in der Baukonstruktion (Dämmung der Gebäudehülle) und in der TGA (Lüftungsanlage, BHKW) durchgeführt werden.

Bedingt durch die Großküche ist der Endenergiebedarf des Züblinhauses größer als in Standard-Verwaltungsbauten ohne Großküche.

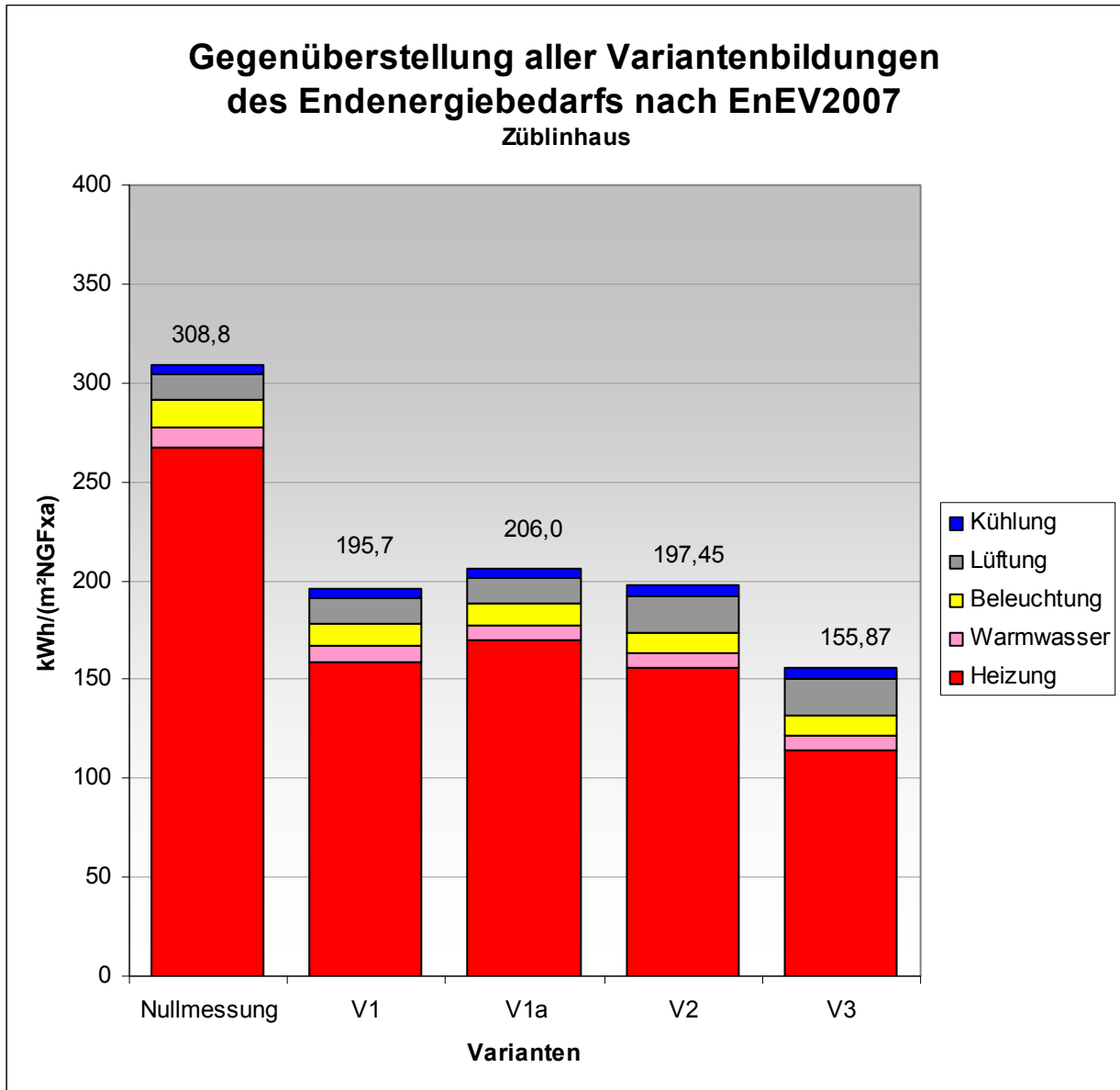


Abb.: 6.6.1- 2

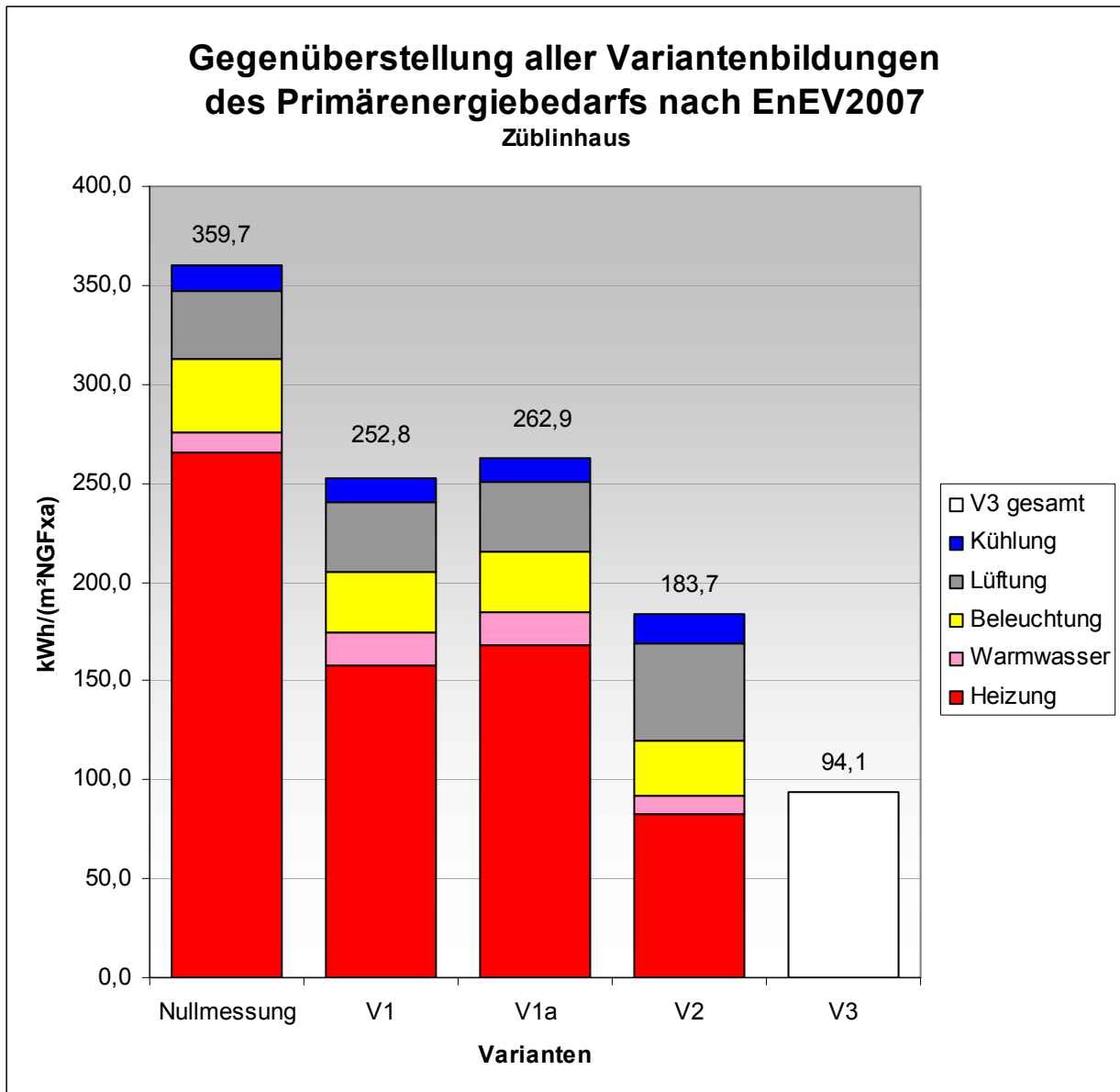


Abb.: 6.6.1- 3



### 6.6.2 Ökobilanzierung

In der Nullmessung wurde die Ökobilanzierung des Treibhauspotentials, gemäß Steckbrief 01 des DGNBs (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) ermittelt. Die Berechnungen wurden für die oben beschriebenen Varianten wiederholt und in unten genanntes Nomogramm eingetragen. Es gilt hier, nach Steckbrief 01 des DGNBs, je kleiner der Quotient  $f$ , desto höher ist die erreichbare Punktzahl. Wie im Nomogramm ersichtlich, wird mit den Varianten V2 und V3 die höchsten Punktzahlen erreicht. Bedingt durch den Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen im Blockheizkraftwerk (40% Deckung des Heizenergiebedarfs) wird bei Variante V3 die Höchstpunktzahl von 10 Punkten erreicht ( $f \leq 0,70$ ).

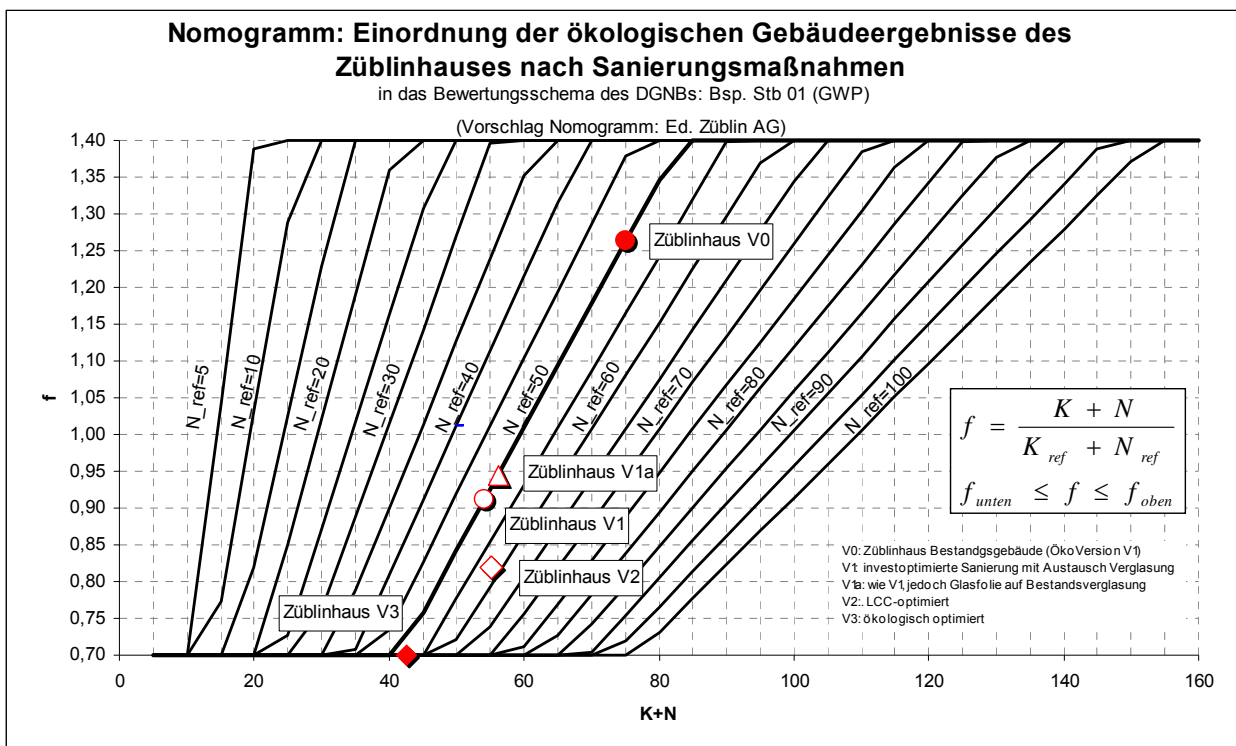


Abb.: 6.6.2- 1

Nachfolgende Diagrammdarstellungen stellen nochmals die einzelnen Kennwerte  $K$ ,  $N$ ,  $K_{ref}$  und  $N_{ref}$  vergleichend bei den verschiedenen Variantenbildungen dar.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>V0 Nullmessung</b></p> <p>Vergleich des Treibhauspotentials GWP pro m<sup>2</sup> NGF und 1 a mit Referenzwerten des DGNBs :<br/> Züblinhaus V0 Nullmessung</p> <p>Treibhauspotential [GWP] in kg CO<sub>2</sub> - Äqu. /m<sup>2</sup> NGF und a</p> <p>Gebäudespez. Referenzwert N<sub>gr</sub> für Nutzung lt. Stb 1 des DGNB</p> <p>Referenzwert K<sub>gr</sub> (H++EOL, KGR 300+400) lt. Stb1 des DGNB</p> <p>Baustoffe n. Ökobilanzierung Ed. Züblin AG (-K) EnEV 2007 (N)</p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG Vergleich</p>                        |   |
| <p><b>Variante 1 - Austausch Verglasung</b></p> <p>Vergleich des Treibhauspotentials GWP pro m<sup>2</sup> NGF und 1 a mit Referenzwerten des DGNBs :<br/> Züblinhaus V1 investoptimiert</p> <p>Treibhauspotential [GWP] in kg CO<sub>2</sub> - Äqu. /m<sup>2</sup> NGF und a</p> <p>Gebäudespez. Referenzwert N<sub>gr</sub> für Nutzung lt. Stb 1 des DGNB</p> <p>Referenzwert K<sub>gr</sub> (H++EOL, KGR 300+400) lt. Stb1 des DGNB</p> <p>Baustoffe n. Ökobilanzierung Ed. Züblin AG (-K) EnEV 2007 (N)</p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG Vergleich</p> | <p><b>Variante 1a - Folie auf Bestandsverglasung</b></p> <p>Vergleich des Treibhauspotentials GWP pro m<sup>2</sup> NGF und 1 a mit Referenzwerten des DGNBs :<br/> Züblinhaus V1a investoptimiert</p> <p>Treibhauspotential [GWP] in kg CO<sub>2</sub> - Äqu. /m<sup>2</sup> NGF und a</p> <p>Gebäudespez. Referenzwert N<sub>gr</sub> für Nutzung lt. Stb 1 des DGNB</p> <p>Referenzwert K<sub>gr</sub> (H++EOL, KGR 300+400) lt. Stb1 des DGNB</p> <p>Baustoffe n. Ökobilanzierung Ed. Züblin AG (-K) EnEV 2007 (N)</p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG Vergleich</p> |
| <p><b>Variante 2 - optimiert</b></p> <p>Vergleich des Treibhauspotentials GWP pro m<sup>2</sup> NGF und 1 a mit Referenzwerten des DGNBs :<br/> Züblinhaus V2 LCC - optimiert</p> <p>Treibhauspotential [GWP] in kg CO<sub>2</sub> - Äqu. /m<sup>2</sup> NGF und a</p> <p>Gebäudespez. Referenzwert N<sub>gr</sub> für Nutzung lt. Stb 1 des DGNB</p> <p>Referenzwert K<sub>gr</sub> (H++EOL, KGR 300+400) lt. Stb1 des DGNB</p> <p>Baustoffe n. Ökobilanzierung Ed. Züblin AG (-K) EnEV 2007 (N)</p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG Vergleich</p>            | <p><b>Variante 3</b></p> <p>Vergleich des Treibhauspotentials GWP pro m<sup>2</sup> NGF und 1 a mit Referenzwerten des DGNBs :<br/> Züblinhaus V3 ökologisch optimiert</p> <p>Treibhauspotential [GWP] in kg CO<sub>2</sub> - Äqu. /m<sup>2</sup> NGF und a</p> <p>Gebäudespez. Referenzwert N<sub>gr</sub> für Nutzung lt. Stb 1 des DGNB</p> <p>Referenzwert K<sub>gr</sub> (H++EOL, KGR 300+400) lt. Stb1 des DGNB</p> <p>Baustoffe n. Ökobilanzierung Ed. Züblin AG (-K) EnEV 2007 (N)</p> <p>Quelle: Ed. Züblin AG Vergleich</p>                             |

### 6.6.3 Wärmebrücken

In der Nullmessung wurden die Wärmebrückenverluste des Istzustands aller Wärmebrücken ermittelt. Anschließend erfolgte eine Teiloptimierung der Wärmebrücken, deren Wärmebrückenverluste ebenfalls auf das Gebäude hochsummiert wurden.

Im Arbeitspaket 6 wurden die Wärmebrückenverluste weiter optimiert, mit der Annahme, dass die Fassadendämmung, gemäß Kapitel 6.2.7 ausgeführt wird. Bei optimalen Ausführungsbedingungen könnte hier der Wärmebrückenverlust von  $\Delta U_{WB} = 0,162$  auf  $0,024$  W/(m<sup>2</sup>K) reduziert werden.

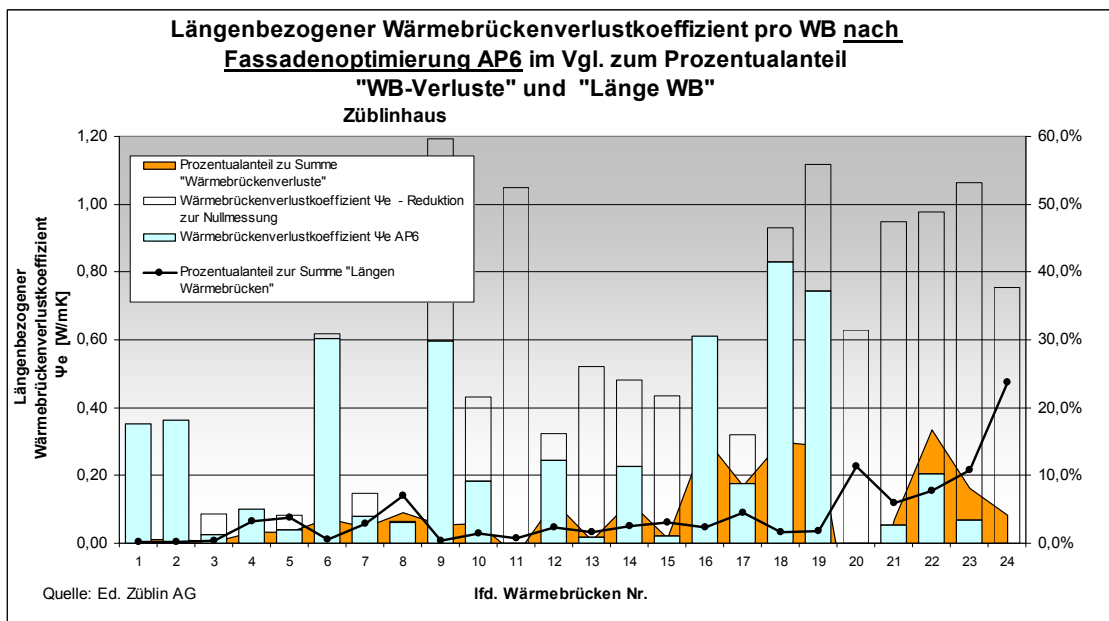
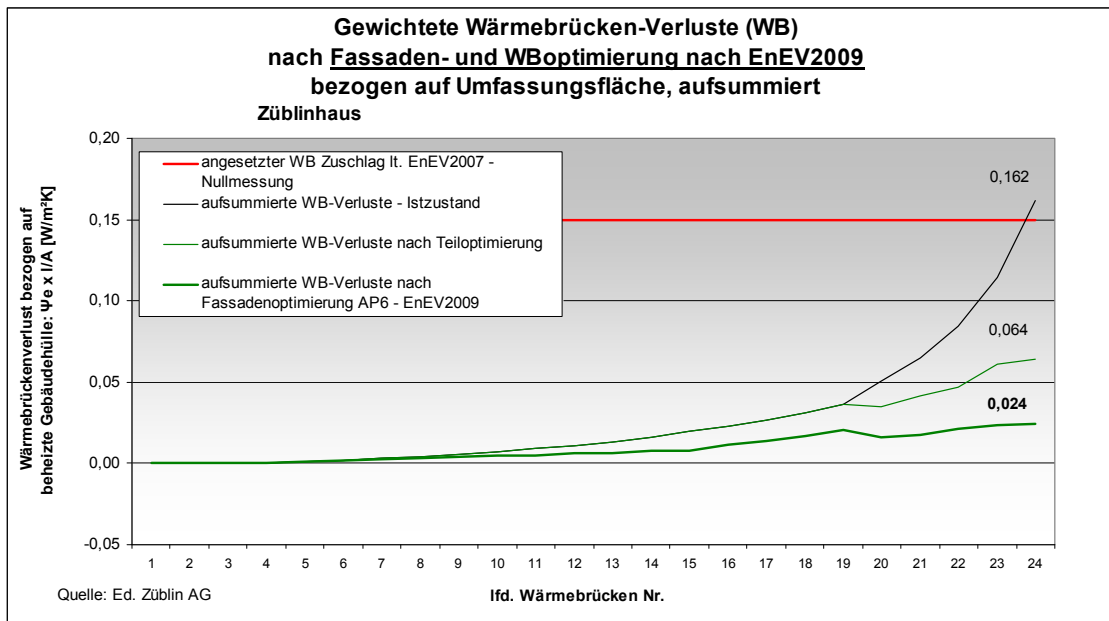


Abb.: 6.6.3- 1

#### 6.6.4 Kosten

Um die Lebenszykluskosten in den 4 dargestellten Varianten zu bewerten, müssen die Kosten und Einsparungen der jeweiligen Variante ermittelt und im zweiten Schritt gegenüber gestellt werden.

Damit die Bewertung der Lebenszykluskosten auch den Faktor Zeit berücksichtigt, werden die Kostenkennwerte als Barwert der jeweiligen Zahlung oder Zahlungsreihe ermittelt.

Die Ermittlung der Kostenkennwerte erfolgt nicht auf der im Kapitel 3.14 (Nullmessung) beschriebenen Methode, sondern auf dem von der DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) entwickelte Berechnungsverfahren. Es gelten die dort beschriebenen Systemgrenzen.

Hintergrund sind die sich verändernden Nutzungskosten in den verschiedenen Varianten, die nicht auf Grundlage der realen Werte der Nullmessung ermittelt werden können. Stattdessen werden fiktive Nutzungskosten nach dem System DGNB prognostiziert. Das Berechnungsmodell der DGNB errechnet die jährlichen Nutzungskosten (Ersatzinvestition, Instandhaltung, Inspektion und Wartung) der Gebäude prozentual von den jeweiligen Herstellkosten.

Dabei werden die Kostenarten 300 und 400 nach DIN 276 prozentual in den Nutzungskosten, wie nachfolgend, dargestellt berücksichtigt.

Kostengruppe 300:

|   |  |   |                 |
|---|--|---|-----------------|
| → | Ersatzinvestition der Baukonstruktion      | → | 0,6% / a        |
| → | Instandhaltungskosten der Baukonstruktion  | → | nicht enthalten |
| → | Inspektion und Wartung der Baukonstruktion | → | 0,1% / a        |

Kostengruppe 400:

|   |  |   |                                     |
|---|--|---|-------------------------------------|
| → | Ersatzinvestition der technischen Anlagen      | → | 100 % nach Ablauf der Nutzungsdauer |
| → | Instandhaltungskosten der technischen Anlagen  | → | ca. 1,0 % / a                       |
| → | Inspektion und Wartung der technischen Anlagen | → | ca. 1,3 % / a                       |

Die Kostengruppe 400 „technische Anlagen“ wird dabei nochmals in die zugehörigen Zehnerkostengruppen untergliedert, um den unterschiedlichen Zahlungsaufwänden,

resultierend aus der Nutzungsdauer für die einzelnen TGA-Bestandteile eines Gebäudes, gerecht zu werden.

Die Nutzungskosten für Energieversorgung werden anhand der Ergebnisse der EnEV 2007 prognostiziert, indem die ermittelten Endenergiewerte mit dem zugehörigen Kostenkennwert (€/kWh) und dem energiespezifischen Heizwert multipliziert werden.

Kosten für Reinigung der Bodenbeläge, Sanitäranlagen, Fensterflächen und Sonnenschutzvorrichtungen werden über ein Faktorenmodell berechnet und prognostiziert. Da sich in den verschiedenen Optimierungsvarianten (V1-V3) keine Änderungen an den Faktoren ergeben, bleiben diese durch alle Varianten hinweg unberührt.

Die Herstellkosten der Nullmessung werden, um die Varianten vergleichbar zu machen, auf den Stand der Preise 2010 angepasst.

Folgende Herstellkosten wurden für das zu untersuchende Gebäude (Züblin-HV) kalkuliert:

|                   |              |
|-------------------|--------------|
| Kostengruppe 300: | 18.938.000 € |
| Kostengruppe 410: | 637.200 €    |
| Kostengruppe 430: | 897.500 €    |
| Kostengruppe 440: | 1.163.000 €  |
| Kostengruppe 450: | 235.500 €    |
| Kostengruppe 460: | 759.500 €    |
| Kostengruppe 470: | 673.000 €    |

**Vorgehensweise:**

Um die oben genannten Nutzungskosten ermitteln zu können, müssen die durch die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Optimierung verursachten Herstellkosten den jeweiligen Kostengruppen nach DIN 276 zugeordnet werden:

**Maßnahmen Baukonstruktion**

|     |                      |                |   |                  |
|-----|----------------------|----------------|---|------------------|
| V1  | Neuverglasung        | 386.835 €      | } | Kostengruppe 300 |
| V1a | Folien auf Bestand   | 279.905 €      |   |                  |
| V2  | Neue Fensterelemente | 1.695.361,50 € |   |                  |
| V2  | zus. Innendämmung    | 201.778 €      |   |                  |
| V2  | Flachdachsanierung   | 207.899,50 €   |   |                  |
| V3  | Passivhausfenster    | 1.348.200 €    |   |                  |
| V3  | Mehrdämmstärken      | 183.719,58 €   |   |                  |

**Maßnahmen TGA**

|         |                             |           |   |                  |
|---------|-----------------------------|-----------|---|------------------|
| V1-3    | Warmwasser dezentral        | 21.000 €  | } | Kostengruppe 410 |
| V1 / 1a | Brennwertkessel             | 45.000 €  |   |                  |
| V2      | Brennwertkessel             | 27.000 €  | } | Kostengruppe 420 |
| V3      | Brennwertkessel             | 24.000 €  |   |                  |
| V2      | BHKW                        | 225.000 € |   |                  |
| V3      | BHKW                        | 180.000 € |   |                  |
| V3      | Pelletspeicher              | 40.000 €  |   |                  |
| V1-3    | Wärmerückgewinnung          | 3.000 €   |   |                  |
| V1-3    | Raumregelung + Dämmung      | 38.688 €  |   |                  |
| V2      | Teilklimaanlage Büros       | 450.000 € | } | Kostengruppe 430 |
| V3      | Verbesserte Teilklimaanlage | 650.000 € |   |                  |
| V2-3    | Erneuerung Bürobeleuchtung  | 200.000 € | } | Kostengruppe 440 |
| V1-3    | Leuchtmittelaustausch       | 23.948 €  |   |                  |

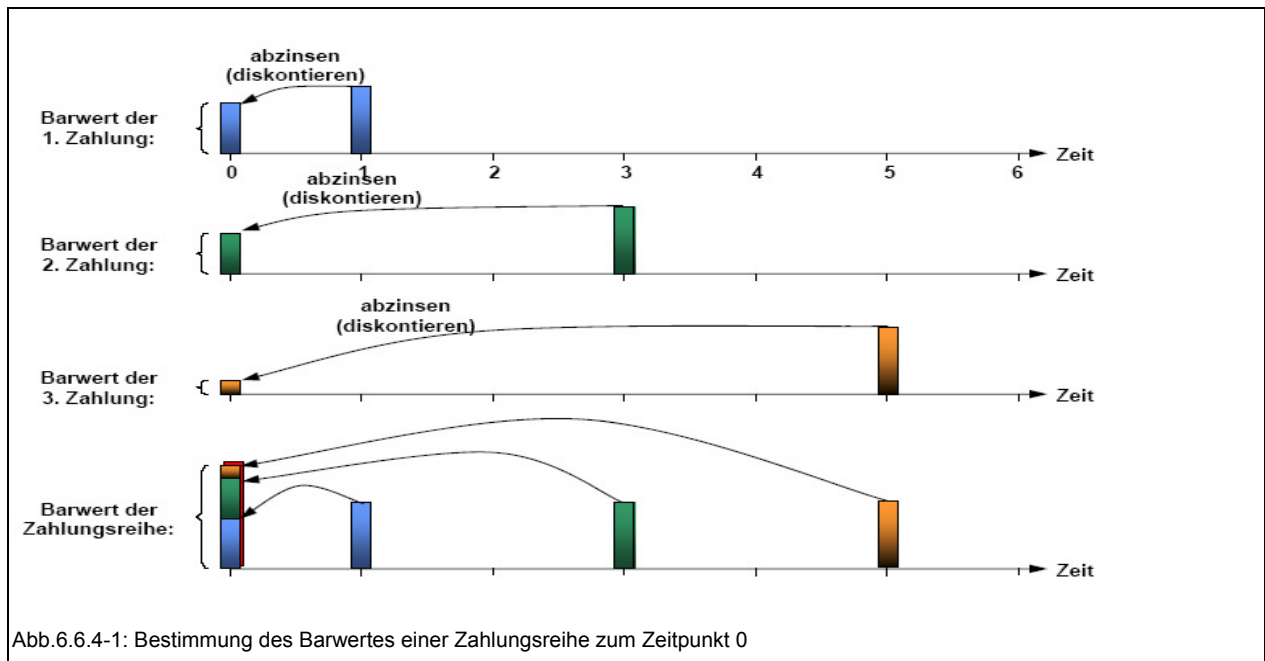
Daraus ergeben sich folgende neue Gesamtkosten für die jeweiligen Varianten:

| einzusetzende Kosten (alte Kosten + Kosten der Neuerungen) |              |              |              |              |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Kostengruppe   | Variante 1   | Variante 1a  | Variante 2   | Variante 3   |
| KG 300   | 19.324.835 € | 19.217.905 € | 21.046.039 € | 20.469.919 € |
| KG 410   | 658.200 €    | 658.200 €    | 658.200 €    | 658.200 €    |
| KG 420   | 984.188 €    | 984.188 €    | 1.191.188 €  | 1.183.188 €  |
| KG 430   | 1.163.000 €  | 1.163.000 €  | 1.613.000 €  | 1.813.000 €  |
| KG 440   | 1.326.748 €  | 1.326.748 €  | 1.526.748 €  | 1.526.748 €  |
| KG 450   | 235.500 €    | 235.500 €    | 235.500 €    | 235.500 €    |
| KG 460   | 759.500 €    | 759.500 €    | 759.500 €    | 759.500 €    |
| KG 470   | 673.000 €    | 673.000 €    | 673.000 €    | 673.000 €    |

Tab.: 6.6.4- 1

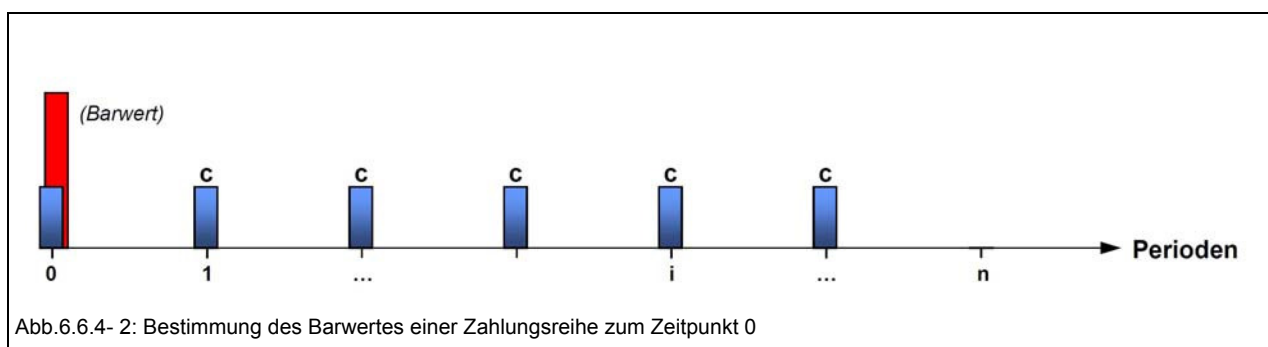
Die Berechnung der einzelnen Varianten erfolgt über die nachfolgend beschriebene Kapitalwert- bzw. Rentenbarwertmethode.

Bei der Kapitalwertmethode werden alle Zahlungen eines Betrachtungszeitraums mit einem einheitlichen Zinssatz, dem sog. Kalkulationszinssatz, auf einen Zeitpunkt auf- bzw. abgezinst (siehe Abb.6.6.4-1). Der Kalkulationszinssatz wird hierbei als Realverzinsung betrachtet, d.h. die Inflationsrate wird mit der Nominalverzinsung verrechnet. Prinzipiell gilt, dass alle Geldwerte auf den Barwert hin abgezinst werden.



Die Barwertbestimmung wird für alle **unregelmäßigen** Zahlungen die während des Lebenszyklusses anfallen, wie z.B. Ersatzinvestitionen, angewandt.

Die Rentenbarwertmethode wird verwendet, um die laufenden **regelmäßigen** Nutzungskosten als Barwert zu ermitteln. Dabei wird, ähnlich der Kapitalwertmethode, der Barwert der jeweiligen jährlichen Zahlung unter Berücksichtigung der Realverzinsung errechnet. Die Höhe der jährlichen Zahlungen wird prozentual zu den Herstellkosten ermittelt (siehe S.93).





## Ergebnis

Nach Berechnung der verschiedenen Varianten (siehe Anlage 1-3) ergeben sich folgende Ergebnisse:

| Bezeichnung   | Nullmessung    | Variante 1     | Variante 1a    | Variante 2     | Variante 3     |
|---|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Herstellkosten der KG300                                | 681 €          | 694 €          | 691 €          | 756 €          | 736 €          |
| Herstellkosten der KG400                                | 204 €          | 208 €          | 208 €          | 239 €          | 246 €          |
| Barwert der Ersatzinvestition für KG300                 | 97 €           | 99 €           | 98 €           | 108 €          | 105 €          |
| Barwert der Ersatzinvestition für KG400                 | 78 €           | 79 €           | 79 €           | 93 €           | 96 €           |
| Barwert der jährl. Instandhaltungskosten für KG300      | 16 €           | 16 €           | 16 €           | 18 €           | 17 €           |
| Barwert der jährl. Instandhaltungskosten für KG400      | 54 €           | 54 €           | 54 €           | 65 €           | 69 €           |
| Barwert für Inspektion und Wartung für KG300            | 16 €           | 16 €           | 16 €           | 18 €           | 17 €           |
| Barwert für Inspektion und Wartung für KG400            | 69 €           | 70 €           | 70 €           | 81 €           | 85 €           |
| Barwert der jährl. Reinigungskosten                     | 121 €          | 121 €          | 121 €          | 121 €          | 121 €          |
| Barwert der jährl. Energiekosten                        | 438 €          | 218 €          | 228 €          | 204 €          | 192 €          |
| Barwert der jährl. Kosten für Wasserver- und Entsorgung | 30 €           | 30 €           | 30 €           | 30 €           | 30 €           |
| <b>Summe der Herstellkosten</b>                         | <b>884 €</b>   | <b>903 €</b>   | <b>899 €</b>   | <b>995 €</b>   | <b>982 €</b>   |
| <b>Summe der Nutzungskosten</b>                         | <b>919 €</b>   | <b>703 €</b>   | <b>712 €</b>   | <b>738 €</b>   | <b>732 €</b>   |
| <b>Summe gesamt</b>                                     | <b>1.803 €</b> | <b>1.606 €</b> | <b>1.611 €</b> | <b>1.733 €</b> | <b>1.714 €</b> |

Tabelle 6.6.4-2: Ergebnisse des Variantenvergleichs als Barwerte in [€/m<sup>2</sup><sub>BGF</sub>]

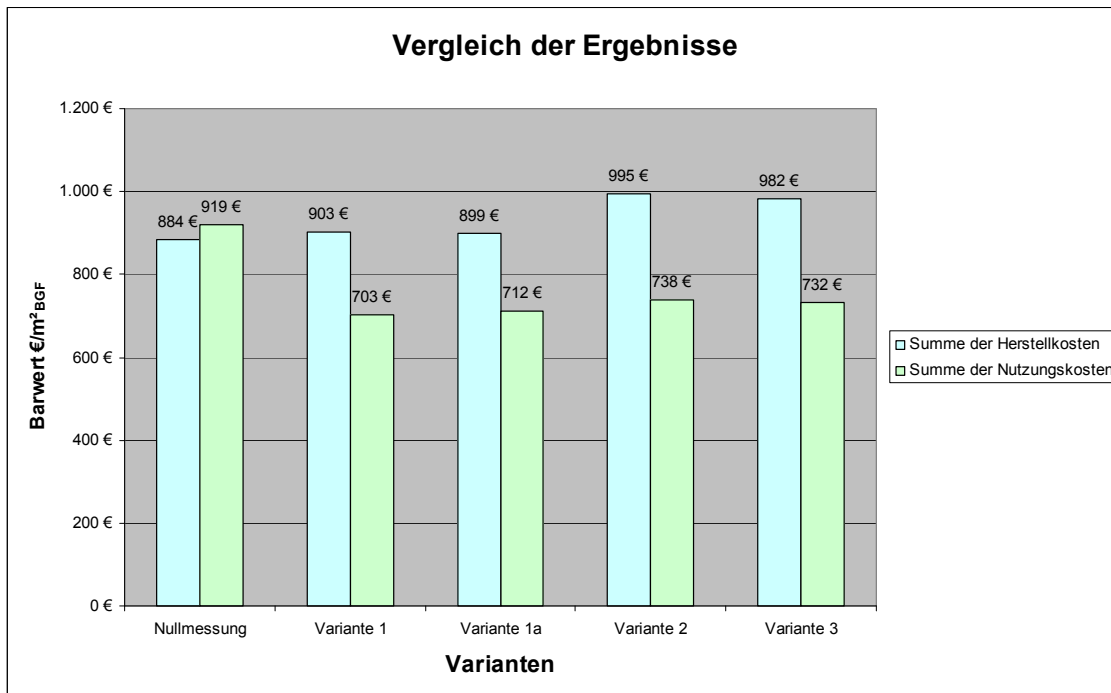


Abb. 6.6.4-3 Gegenüberstellung der Herstell- und Nutzungskosten je Variante

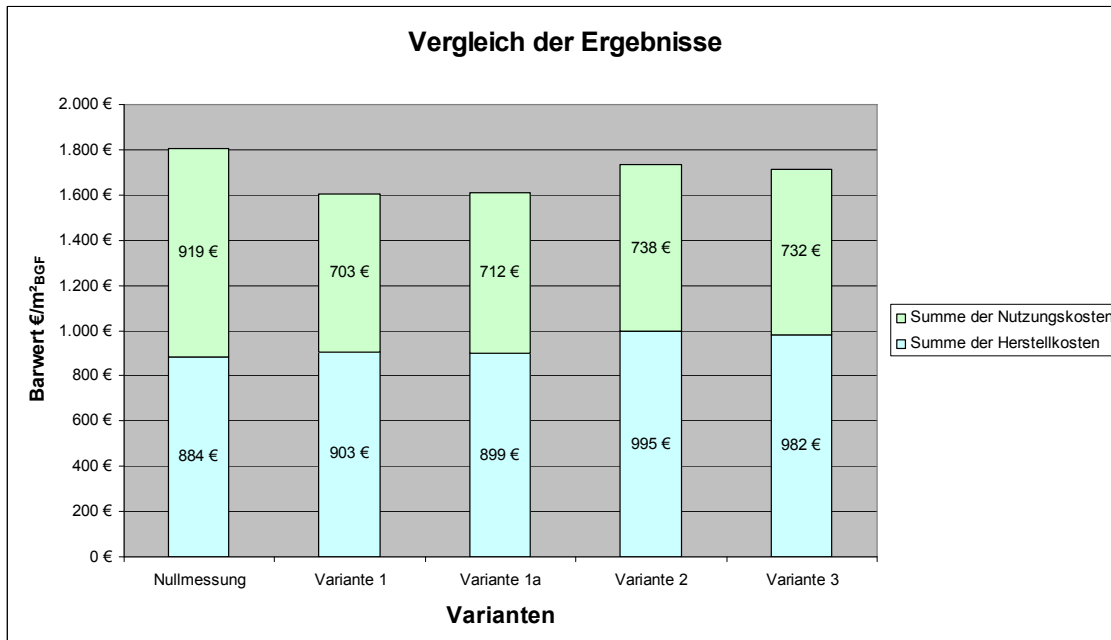


Abb. 6.6.4-4 Gesamtlebenszykluskosten je Variante

Die Ergebnisse zeigen, dass die Variante 1 und 1a bei den Lebenszykluskosten als die sparsamsten Varianten angesehen werden müssen. Hintergrund ist, dass hier mit einem

minimalen Aufwand an Neuinvestitionen ein maximaler Erfolg bei der Einsparung von Energie erreicht wird.

Die Versionen 2 und 3 schneiden bei der Betrachtung der Lebenszykluskosten im Vergleich etwas schlechter ab. Durch den Einbau der Teilklimaanlage wird hier der Nutzerkomfort zu Lasten der Energieeinsparung und damit zu Lasten der Lebenszykluskosten verbessert.

## **6.7 Zusammenfassung**

Bei der Untersuchung zur Findung von effizienten Sanierungsmodellen hat sich gezeigt, dass die eingesetzten Technologien unterschiedlichste Ergebnisse bei der Energieeinsparung und der Wirtschaftlichkeit erreichen. Eine energetische Optimierung ist für ein Bestandsgebäude wie das Züblinhaus möglich. Es kann eine Unterschreitung der geforderten Grenzwerte der EnEV 2007 von bis zu 65% beim Primärenergiebedarf erreicht werden. Allerdings steht dem ein erheblicher Kostenaufwand gegenüber, so dass die Wirtschaftlichkeit nicht gegeben ist.

Bei den Verbesserungspotentialen im Sinne der EnEV sollte allerdings berücksichtigt werden, dass das Züblin-Haus aus den Achtziger Jahren stammt. Betrachtet man die Variante 1, so ist festzustellen, dass mit einfachen Mitteln und einem überschaubaren Einsatz von Kapital das Gebäude die Anforderungen den EnEV 2007 für einen Neubau erfüllt.

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass sich der Einsatz von LEDs als die wirtschaftlichste, der untersuchten Maßnahmen herausgestellt hat. Ersetzt man die vorhandene Beleuchtung im Züblin-Haus oder im Z-zwo durch LEDs, erreicht man Einsparungen beim Stromverbrauch von bis zu 50%. Der nötige Eingriff in die Bestandsstruktur ist eher gering und damit gut im Bestand umzusetzen.

BHKWs sind sogar als Einzelmaßnahmen sinnvoll.

Bei Bestandsgebäuden sind auch die Regelung der Heizkörper und die Isolierung der Verteilleitungen Maßnahmen, die zur Energie- und Kosteneffizienz wesentlich beitragen kann.

## **6.8 Anlagen**

**Anlage K1** Kostenprognose Fensterelemente

**Anlage K2** Kostenprognose opake Fassadenelemente

**Anlage K3** restliche Kostenprognosen

**Anlage K1: Züblinhaus – Kostenprognose - Fensterelemente**

**1. Austausch der Verglasung: (Glasfläche = 3.145m<sup>2</sup>, ohne Halle)**

|                            |                        |   |                         |   |              |
|----------------------------|------------------------|---|-------------------------|---|--------------|
| Bestand Entsorgen:         | 20,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.145,00 m <sup>2</sup> | = | 62.900,00 €  |
| Material Wärmeschutzglas:  | 30,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.145,00 m <sup>2</sup> | = | 94.350,00 €  |
| Material Sonnenschutzglas: | 80,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.145,00 m <sup>2</sup> | = | 251.600,00 € |
| Lohn Einbau Isolierglas:   | 38,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.145,00 m <sup>2</sup> | = | 119.510,00 € |
| Malerarbeiten Fenster:     | 35,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.145,00 m <sup>2</sup> | = | 110.075,00 € |

|               |                  |  |  |  |                        |
|---------------|------------------|--|--|--|------------------------|
| <b>Summe:</b> | Wärmeschutzglas  |  |  |  | <b>386.835,00 €</b> 1) |
| <b>Summe:</b> | Sonnenschutzglas |  |  |  | <b>544.085,00 €</b> 1) |

**2. Austausch der Fenster komplett: (Fensterfläche = 4.494m<sup>2</sup>, ohne Halle)**

|                                       |                         |   |                         |   |                |
|---------------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|---|----------------|
| Abbruch/Entsorgen:                    | 60,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 269.640,00 €   |
| Dämmleiste Leibung:                   | 4,25 €/m <sup>2</sup>   | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 19.099,50 €    |
| Material (Holzfenster):<br>Ab-/Einbau | 300,00 €/m <sup>2</sup> | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 1.348.200,00 € |
| Brüstungskanäle:                      | 1,00 €/m <sup>2</sup>   | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 4.494,00 €     |
| Malerarbeiten<br>Wand/Ausbesserung:   | 12,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 53.928,00 €    |

|               |   |  |  |  |                          |
|---------------|---|--|--|--|--------------------------|
| <b>Summe:</b> | Wärmeschutzglas                               |  |  |  | <b>1.695.361,50 €</b> 1) |
| <b>Summe:</b> | Sonnenschutzglas (ΔBetrag, siehe oben, Nr. 1) |  |  |  | <b>1.852.611,50 €</b> 1) |

**3. Austausch der Fensterbänder komplett mit Passivhaus-Fenster**

|  |                         |   |                         |   |                |
|--|-------------------------|---|-------------------------|---|----------------|
| Abbruch/Entsorgen:                             | 60,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 269.640,00 €   |
| Dämmleiste Leibung:                            | 4,25 €/m <sup>2</sup>   | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 19.099,50 €    |
| Material<br>(Passivhausfenster):<br>Ab-/Einbau | 600,00 €/m <sup>2</sup> | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 2.696.400,00 € |
| Brüstungskanäle:                               | 1,00 €/m <sup>2</sup>   | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 4.494,00 €     |
| Malerarbeiten<br>Wand/Ausbesserung:            | 12,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 4.494,00 m <sup>2</sup> | = | 53.928,00 €    |

|               |  |  |  |  |                          |
|---------------|--|--|--|--|--------------------------|
| <b>Summe:</b> |  |  |  |  | <b>3.043.561,50 €</b> 1) |
|---------------|--|--|--|--|--------------------------|

1) (Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,....)

**Anlage K2: Züblinhaus – Kostenprognose – opake Bauteile**

**1. zusätzliche Innendämmung (Dämmfläche = 3.057m<sup>2</sup>)**

|                             |                        |   |                         |   |             |
|-----------------------------|------------------------|---|-------------------------|---|-------------|
| Material                    |                        |   |                         |   |             |
| Innendämmung 8cm:           | 15,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.057,24 m <sup>2</sup> | = | 45.858,54 € |
| GK-Verkl. (inkl. Dampfsp.): | 25,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.057,24 m <sup>2</sup> | = | 76.430,90 € |
| Ab-/Einbau Brüstungskanäle: | 1,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 3.057,24 m <sup>2</sup> | = | 3.057,24 €  |
| Trockenbauwände anpassen:   | 25,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.057,24 m <sup>2</sup> | = | 76.430,90 € |
| Malerarbeiten GK-Wand:      | 5,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 3.057,24 m <sup>2</sup> | = | 15.286,18 € |

**Summe:** **217.064 €** 1)

**2. Brüst.-element nach innen versetzt mit erh. Außendäm. (Dämmfl. = 3.619m<sup>2</sup>)**

|                                |                        |   |                          |   |                       |
|--------------------------------|------------------------|---|--------------------------|---|-----------------------|
| Autokran+Kranführer:           |                        |   |                          | = | 1.700,00 €/d          |
| Demontage-Zeit Br.-Elemente:   | 387,98 Stk             | / | 15,00 Stk/d              | = | 25,87 d               |
| Demontagekosten Br.-Elemente:  | 26 d                   | x | 1.700,00 €/d             | = | 43.971 €              |
| Montage-Zeit Br.-Elemente:     | 387,98 Stk             | / | 15,00 Stk/d              | = | 25,87 d               |
| Montagekosten Br.-Elemente:    | 26 d                   | x | 1.700,00 €/d             | = | 43.971 €              |
| Auflagerkonsolen vergrößern:   | 70,00 €/Stk            | x | 775,96 Stk               | = | 54.317,40 €           |
| Sägeschnittfläche innere Br.:  | 0,12 m                 | x | 2.809,97 m               | = | 337,20 m <sup>2</sup> |
| Sägeschnittkosten Br.-Elemente | 80 €/m <sup>2</sup>    | x | 337,20 m <sup>2</sup>    | = | 26.975,71 €           |
| verdübeln/einb.                | 120,00 €/m             | x | 2.809,97 m               | = | 337.196,42 €          |
| Ausbau/Entsorgen vorh. WD:     | 20,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.619,23 m <sup>2</sup>  | = | 72.384,60 €           |
| Einbau neue WD MW 16cm:        | 22,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.619,23 m <sup>2</sup>  | = | 79.623,06 €           |
| Entfernen/Entsorg. Bodenbelag  | 7,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 10.030,00 m <sup>2</sup> | = | 70.210,00 €           |
| Einbau Bodenbelag + Sockel     | 32,00 €/m <sup>2</sup> | x | 10.030,00 m <sup>2</sup> | = | 320.960,00 €          |
| Ab-/Einbau Brüstungskanäle:    | 1,00 €/m <sup>2</sup>  | x | 3.619,23 m <sup>2</sup>  | = | 3.619,23 €            |
| Trockenbauwände anpassen:      | 25,00 €/m <sup>2</sup> | x | 3.619,23 m <sup>2</sup>  | = | 90.480,75 €           |

Malerarbeiten Wand      12,00 €/m<sup>2</sup> x      3.619,23 m<sup>2</sup>      =      43.430,76 €

**Summe:**      **1.187.140 €**      1)

**3. Außendämmung mit Perlite-Schüttung (Dämmfläche = 3.619m<sup>2</sup>)**  
(ohne Paneele und AW Treppenhäuser)

Entfernen/Entsorgen  
alte WD:      60,00 €/m<sup>2</sup> x      3.619,23 m<sup>2</sup>      =      217.153,80 €  
Multipor als unt./ob.  
Abschluß:      4,00 €/m x      2.809,97 m      =      11.239,88 €  
Perlite-Schüttung  
10cm einb.:      24,00 €/m<sup>2</sup> x      3.619,23 m<sup>2</sup>      =      86.861,52 €

**Summe:**      **315.255 €**      1)

1) (Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,...)

**Anlage K3: Züblinhaus – Kostenprognose – restl. Bauteile**

**1. Erhöhung der Dämmstärken, Flachdach auf 12 cm,  $\lambda = 0,31 \text{ W/mK}$   
- ergänzende Kosten für V2**

| Beschrieb  | EP                  |   | Fläche                  | Geschätzte Mehrkosten (Stand 2009) |
|--|---------------------|---|-------------------------|------------------------------------|
| Demontage Bestandsdach   | 17 €/m <sup>2</sup> | x | 1.151,68 m <sup>2</sup> | 19.578,56 €                        |
| Demontage Attiken  | 25 €/lfm            | x | 800 lfm                 | 20.000,00 €                        |
| Begradigung Bestandsdach   | 0 €/m <sup>2</sup>  | x | 1.151,68 m <sup>2</sup> | 0,00 €                             |
| Umkehrdach komplett mit Plattenbelag,<br>2 lagige bitum. Abdichtung<br>sowie 12 cm XPS (Roofmate<br>SL-X, $\lambda = 0,31 \text{ W/mK}$ ! --> U =<br>0,25 W/(m <sup>2</sup> K) Gesamtdach) | 72 €/m <sup>2</sup> | x | 1.151,68 m <sup>2</sup> | 82.920,96 €                        |
| Zulagen für Attikenanschlüsse  | 88 €/lfm            | x | 800 lfm                 | 70.400,00 €                        |
| Zulagen für Wandanschlüsse   | 30 €/lfm            | x | 400 lfm                 | 12.000,00 €                        |
| Zulagen für sonstige Anschlüsse  | 3000 €/psch         | x | 1 psch                  | 3.000,00 €                         |
| <b>Summe Dachsanierung V2</b>  |                     |   |                         | <b>207.899,52 € 1)</b>             |



**2. Mehrkosten für virtuelles Gebäude V3:**  
**Passivhausstandard statt Dämmqualität Bestandsgebäude**

| Beschrieb  | Passivhausstandard | Bestand (Preise Stand 2009) | Hauptflächen (ohne Türen, Glasdach zur Halle) | Geschätzte Mehrkosten (Stand 2009) |
|--|--------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|
| <b>Passivhausstandardfenster</b>   |                    |                             |   |                                    |
| Herstellkosten analog Anlage K1 (nur Neubaukosten) statt Bestandsfensterelemente                                 |                    |                             |   |                                    |
|  | ( 600,00           | - 300,00 €/m <sup>2</sup> ) | x 4.494,00 m <sup>2</sup>                     | = <b>1.348.200,00 €</b> 1)         |
| <b>Dachflächen</b>   |                    |                             |   |                                    |
| Erhöhung Dämmstärke: von ~ 6 cm auf 20 cm (hier: Roofmate SL-X, λ = 0,31 W/mK!                                   |                    |                             |   |                                    |
| --> U = 0,15W/(m <sup>2</sup> K)   |                    |                             |   |                                    |
| Gesamtdach)  | ( 24,96            | - 12,84 €/m <sup>2</sup> )  | x 1.151,68 m <sup>2</sup>                     | = <b>13.958,36 €</b> 1)            |
| <b>Opake Fassadenelemente</b>  |                    |                             |   |                                    |
| Erhöhung Außendämmung: von ~ 6 auf 20 cm (hier: Sto TOP32, λ = 0,32W/mK !  |                    |                             |   |                                    |
| --> U = 0,15W/(m <sup>2</sup> K)   |                    |                             |   |                                    |
| Gesamtfassade)   | ( 20,00            | - 6,00 €/m <sup>2</sup> )   | x 4.228,15 m <sup>2</sup>                     | = <b>59.194,10 €</b> 1)            |
| <b>Flächen UG-Bereiche:</b>  |                    |                             |   |                                    |
| <b>Kellerdecken + Decke 6.OG/Technik</b>   |                    |                             |   |                                    |
| Erhöhung Dämmstärke: von ~8 auf 20 cm (hier: Mineralwolle, λ = 0,04 W/mK !                                       |                    |                             |   |                                    |
| --> U = 0,20 W/(m <sup>2</sup> K) gesamt)  |                    |                             |   |                                    |
| inkl. Paneele etc.!  | ( 22,86            | - 12,78 €/m <sup>2</sup> )  | x 2.695,89 m <sup>2</sup>                     | = <b>27.174,57 €</b> 1)            |
| <b>Flächen UG-Bereiche: Wand und Bodenplatten</b>  |                    |                             |   |                                    |
| Erhöhung Dämmstärke: von ~ 4 auf 18 cm (Roofmate SL-A, λ = 0,38 W/mK ! --> U = 0,20 W/(m <sup>2</sup> K) gesamt) |                    |                             |   |                                    |
|  | ( 24,50            | - 9,80 €/m <sup>2</sup> )   | x 3.488,21 m <sup>2</sup>                     | = <b>51.276,69 €</b> 1)            |
| <b>Erschwerniszulage für Unterkonstruktion und Anschlüsse</b>  |                    |                             |   |                                    |
|  | ( 5,00             | - 3,00 €/m <sup>2</sup> )   | x 16.057,93 m <sup>2</sup>                    | = <b>32.115,86 €</b> 1)            |
| <b>Summe V3 Mehrkosten Herstellung</b>   |                    |                             |   | <b>1.531.919,58 €</b> 1)           |
| 1) (Kosten ohne BGK, Schutzmaßnahmen, Arbeitsausfall, Projektleiter,....)  |                    |                             |   |                                    |

## **7. Fazit**

|  |          |
|--|----------|
| <b>7. Schlussanalyse, Leitlinie für Ressourceneffiziente Gebäude .....</b> | <b>3</b> |
| 7.1 Ergebnisse als Einzelbausteine für Ressourceneffizienz .....           | 3        |
| 7.1.1 Flächen- und Nutzungseffizienz .....                                 | 3        |
| 7.1.2 Ressource Energie .....  | 4        |
| 7.1.3 Ökobilanzierung .....  | 8        |
| 7.1.4 Lebenszykluskosten .....   | 14       |
| 7.1.5 Nutzerkomfort .....  | 17       |
| 7.1.6 Planungsprozesse .....   | 21       |
| 7.2 Innovative Schlüsseltechnologien.....                                  | 23       |
| 7.3 Nachhaltigkeitsorientierter Baustandard für die Zukunft.....           | 25       |

## **7. Schlussanalyse, Leitlinie für Ressourceneffiziente Gebäude**

Aus dem vorliegenden Forschungsprojekt ergeben sich die folgenden Leitlinien, nach denen ressourceneffiziente Gebäude gebaut und geplant werden sollen.

### **7.1 Ergebnisse als Einzelbausteine für Ressourceneffizienz**

#### **7.1.1 Flächen- und Nutzungseffizienz**

In der Kennwerttabelle (Kapitel 3.17) wurde die oberirdische Nettogrundrissfläche nach DIN 277 in das Verhältnis zur oberirdischen Bruttogrundrissfläche nach DIN 277 (NGF<sub>o</sub> / BGF<sub>o</sub>) gesetzt. Die Ergebnisse rangieren zwischen 86 und 92 Prozent. Die Verhältnisse der oberirdischen Mietfläche gesamt (gif), zur oberirdischen Bruttogrundrissfläche (MF-G<sub>o</sub> / BGF<sub>o</sub>) weist eine Bandbreite von 75 bis 91 Prozent aus.

Für beide Verhältniswerte kann somit als Zielwert ein Faktor  $\geq 0,9$  als ressourceneffizient definiert werden.

Die DGNB bildet im Steckbrief 27 für Bürogebäude der Version 2009 einen Flächeneffizienzfaktor ( $F_{\text{eff}}$ ) aus dem Quotienten der Nutzfläche (NF) zur Bruttogrundrissfläche (BGF). Der Zielwert, um volle Punktzahl zu erreichen, beträgt 0,75. Leider differenziert die DGNB nicht zwischen oberirdischen und unterirdischen Flächen. Gebäude mit Tiefgaragen, die in Relation zu Büroflächen ein hohes Maß an Verkehrsflächen aufweisen, schneiden dadurch deutlich schlechter ab. Insofern ist nach unserem Ermessen der Faktor der DGNB nicht als Parameter für Ressourceneffizienz geeignet.

Die Flächeneffizienz ist jedoch ein wichtiger Kennwert für ressourceneffiziente Gebäude. Zum einen, weil es sich für Investoren und Mieter im Preis einer Immobilie niederschlägt. Zum anderen reduziert ein Gebäude, das Nebenflächen minimiert, die verbauten Baustoffmengen. Darüber hinaus können kompakte Gebäude leichter eine hohe Energieeffizienz erreichen. Die oben genannten Zielwerte sollten also als Vorgaben für ressourceneffiziente Gebäude festgelegt werden.

Mit der Flächeneffizienz eng verbunden ist die Effizienz in der Nutzung. An dieser Stelle verweisen wir auf die Analyse der Nutzbarkeit von Büroflächen in den Praxisprojekten – Arbeitsplatzzahlen pro Quadratmeter. Hier wird aufgezeigt, dass insbesondere die Geometrie

maßgeblich Einfluss auf die Summe der Arbeitsplatzzahlen pro Quadratmeter und somit die Flächenwirtschaftlichkeit nimmt. So lässt ausschließlich das Z-zwo aufgrund der drei Stützenreihen und durch die Gebäudetiefe die Möglichkeit der Kombibüronutzung zu. Werden die Regelgeschossgrundrisse idealisiert möbliert, so benötigt das Z-zwo 24 Quadratmeter Bruttogrundrissfläche pro Arbeitsplatz (qm BGF / AP). Die Züblin-Hauptverwaltung benötigt nur 20 qm BGF / AP und die Neckarstraße nur 21 qm BGF / AP.

Das heißt ein exakter und allgemein gültiger Zahlenwert, der als effizient betrachtet werden kann, kann nicht festgelegt werden. Vielmehr ist im Einzelfall abzuwägen, ob zu Gunsten einer vielfältigen Nutzung (z.B. Kombibüro) auf Quadratmetereffizienz verzichtet oder sich von vornherein für eine bestimmte Nutzung (z.B. Zellenbüro) entschieden wird. Die Entscheidung ist dabei sehr stark vom Fokus desjenigen abhängig, der dieses Kriterium bewertet. So wird ein Investor versuchen eine gewisse Flexibilität in der Bürostruktur zu erhalten, um auf den Markt reagieren zu können. Bei einem Gebäude, das für einen Eigennutzer entwickelt wird, steht sicherlich die Bürostruktur, die das Unternehmen prägt im Vordergrund und wird damit andere Parameter beeinflussen.

### **7.1.2 Ressource Energie**

Ziel des Arbeitspaketes AP6 war es, realisierbare und effiziente Konzepte für Bestandsgebäude zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden unterschiedliche Technologien zur Energieeinsparung auf ihre Wirtschaftlichkeit hin überprüft.

Die in AP4 durch das Fraunhofer Institut (IAO) zusammengetragenen innovativen Lösungen wurden unter Berücksichtigung der Umsetzbarkeit in den zu untersuchenden Bestandsgebäuden gefiltert und im Hinblick auf festgelegte gesamtheitliche Kriterien bewertet (vgl. hierzu Bewertungsmatrizen in Kap. 6.2.9 und 6.3.12).

Aus diesem Bausteinkatalog heraus wurden 3 Berechnungsvarianten für das Züblinhaus festgelegt, die als Grundlage für die jeweilige Berechnung nach EnEV 2007 herangezogen wurden.

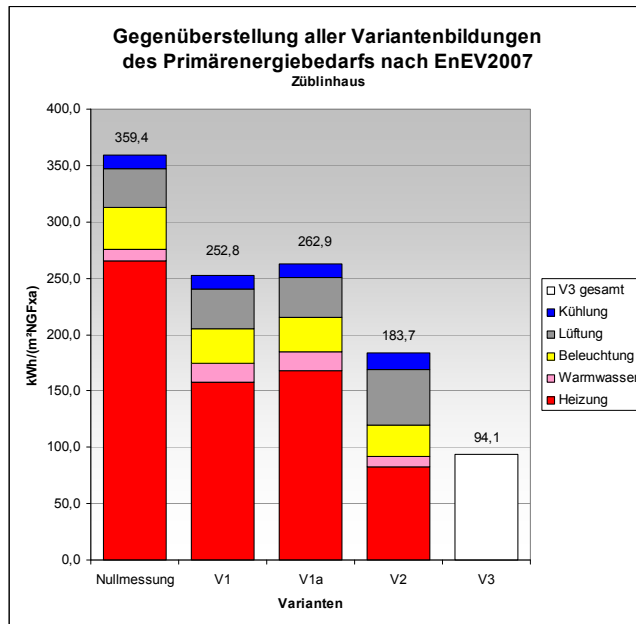
Die Variante 1 beinhaltet die bei Sanierungen übliche investoptimierte Vorgehensweise mit Austausch der Fenster-Verglasungen, veränderter Wärmeerzeugung, Leitungsdämmung, Raumregelung, Teilklimaanlage in Sonderbereichen mit Wärmerückgewinnung.

Die Variante 2 erweitert die Variante 1 durch Komplettaustausch der Fensterelemente mit Wärmeschutzverglasung, zusätzlicher Innendämmung, Verbesserung der Wärmebrückenanschlüsse sowie der Anordnung eines BHKW mit einer Abdeckung von 40 % des Jahresheizenergiebedarfes, kombiniert mit Brennwertkessel (60 % dito.), inkl. Teilklimaanlage mit Kühlfunktion und Wärmerückgewinnung. Bürobeleuchtung mit verbesserten Leuchtmitteln.

In der Variante 3 wurde eine virtuelle Ertüchtigung im Passivhausstandard für die Gebäudehülle untersucht, um festzustellen, welche Ergebnisse für eine Maximalvariante erreichbar sind. In dieser Variante wird das BHKW mit Biomasse als erneuerbarem Energieträger angesetzt.

Der Vergleich der Ergebnisse zwischen der Nullmessung (AP3) und der Variantenberechnungen für den Primärenergiebedarf zeigt zielführende Ergebnisse:

Der Primärenergiebedarf weist für die Varianten 1-3 die erwarteten Absenkungen auf. Es zeigt sich eine Reduzierung von 29,7 % für Variante 1, 48,9 % für Variante 2 und 73,9 % für Variante 3 aus, (siehe hierzu nachfolgendes Balkendiagramm aus AP3). Maßgeblich dabei ist der Reduktionsanteil aus Heizungsenergie.



**Abbildung 7.1.2.- 1:**

Gegenüberstellung aller Variantenbildungen, AP 6, Züblinhaus

Als besonders effizient hat sich somit der Einsatz von BHKW's mit erneuerbarem Energieträger (Biomasse) erwiesen.

In der Zukunft wird die Technik der LED wesentlich zur Energieeinsparung beitragen. Die rasante Entwicklung auf dem Weißlichtsektor wird in naher Zukunft LED auf den Markt bringen, die auch in den Bereichen von Arbeitsplätzen herkömmliche Beleuchtungen ablösen können. Dadurch kann der Stromverbrauch bis zu 50 % reduziert werden. Allein die hohen Anschaffungskosten sind der Grund, warum LED in der Gegenwart hauptsächlich für Orientierungs- und Effektbeleuchtung eingesetzt wird.

Der Blick in die Zukunft hat mittelfristig den Nullenergiestandard im Fokus.

Laut Untersuchung der EGS [Innovative Gebäudekonzepte der Zukunft, Anlage in AP4, Seite 44] ist zur Erreichung dieses Standards eine Primärenergiegutschrift mittels Stromerzeugung notwendig.

In AP6, Kap. 6.3.11, wurde die Einsatzmöglichkeit einer Photovoltaikanlage bei der Hauptverwaltung Züblin untersucht. Dabei konnten maximal 210 PV-Module (1,0 x 1,7 m) mit 205 Wp pro Modul zum Ansatz gebracht werden. Bezogen auf die  $NGF_{EnEV}$  Fläche des Züblinhauses ergeben diese einen Stromgewinn von 6,2 kWh/m<sup>2</sup>  $NGF_{EnEV}$ . Gemessen an der Gesamtbilanz ist dies relativ gering.

Die oftmals diskutierte Option, die erforderlichen Mehrflächen durch weitere Flächen auf Nachbargebäuden oder auf Freiflächen zu generieren, ist deshalb aus unserer Sicht zumindest in städtischem Umfeld wenig diskutabel.

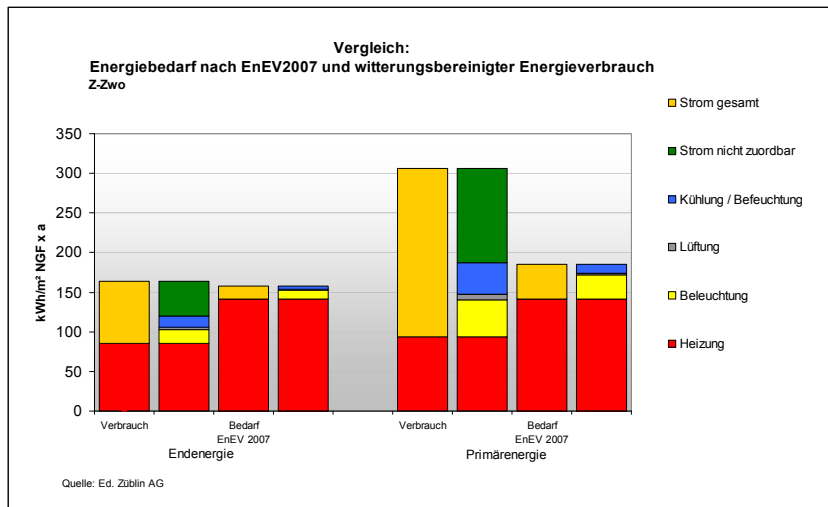
In AP3, Kap. 3.3 und 3.5.5.2, 3.5.5.3, 3.5.5.4, wurden auch die Energieverbräuche der 3 REG-Gebäude ermittelt und mit den Ergebnissen der EnEV-Berechnung verglichen.

Diese berücksichtigt nicht den Strom in der Fläche (u.a. EDV-Anlagen). Die künftigen Meilensteine zur Festlegung der Energiestandards (Passivhaus-, Nullenergie-, Plusenergiegebäude) sollten unter dem Gesichtspunkt der Ressourceneffizienz den Strom in der

Fläche berücksichtigen. Es sollte möglich sein, für diesen Verbrauchsfaktor Standardwerte zu implementieren, wie dies bei der EnEV-Berechnungsmethode der Fall ist.

Nachfolgendes Balkendiagramm stellt am Beispiel Z-Zwo den Endenergiebedarf nach EnEV2007 dem tatsächlichen ermittelten Energieverbrauch gegenüber.





**Abbildung 7.1.2.-2:**

Vergleich des normativen Energiebedarfs mit witterungsbereinigtem Energieverbrauch, Z-Zwo

Am Beispiel Endenergie wird deutlich, dass der Anteil des tatsächlichen Stromverbrauchs wesentlich höher ist als der rechnerische Strombedarf nach EnEV trotz Gleichstand der Gesamtbeträge (Strom / Heizung).

Dies hat zur Folge, dass bei Betrachtung der Primärenergie der Stromanteil, aufgrund des hohen Primärenergiefaktors, um ein Vielfaches erhöht wird. Ursache dafür am Beispiel Z2 ist der Strom in der Fläche (EDV-Anlagen und Serverräume).

### 7.1.3 Ökobilanzierung

Im Forschungsvorhaben wurden umfangreiche Ökobilanzierungen auf Basis der DGNB Kriteriensteckbriefe durchgeführt. Auf diese Basisdaten erfolgten Untersuchungen zum notwendigen Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung sowie zu den unterschiedlichen, ökologischen Einflüssen der einzelnen Gewerke und Bauteilschichten in Abhängigkeit ihrer Baustoffmassenanteile am Gebäude.

Die Methodik der Ökobilanzierung nach DGNB (siehe hierzu die Beschreibung in den Kriteriensteckbriefen der DGNB oder in Kapitel 3.6.1 in diesem Forschungsbericht) ist ein gutes Instrument, um Gebäude untereinander ökologisch zu vergleichen. Für die ökologische Optimierung eines Gebäudes ist die Methode jedoch ungeeignet. Die Gründe sind unter anderem:

- Das Ziel der Ökobilanzierung nach DGNB ist die Erreichung der maximalen Höchstpunktzahl ohne weitere Forderung einer Optimierungsanalyse.
- Die Höchstpunktzahl wird durch das Verhältnis Istwert zu Referenzwert bestimmt. D.h. es werden keine absoluten Ökobilanz-Kenndaten für ein Gebäude gefordert.
- Der Referenzwert für die Betriebsphase „Energie“ erfolgt auf dem gebäudespezifisch ermittelten Referenzwert der jeweilig aktuellen EnEV-Berechnung. D.h. für die Betriebsphase „Energie“ wird pro Gebäude ein individuell variabler Referenzwert ermittelt. Ohne fixen Referenzwert für die Betriebsphase „Energie“ können keine Optimierungen unter ökologischen Gesichtspunkten vorgenommen werden.

Hier sind von Seiten der DGNB oder vom Gesetzgeber noch zu validierende Referenz- oder Grenzwerte für die Ressource Baustoff und Energie festzulegen, nachdem eine ausreichende Anzahl von DGNB Zertifikaten für Verwaltungsbauten vorliegt und diese ausgewertet wurden.

Des Weiteren sind die Umweltproduktdeklarationen von umweltrelevanten Baustoffen, z.B. Beschichtungssystemen zu erweitern und ihre tatsächlichen Auswirkungen auf die Ökobilanzierungen eines Gebäudes zu ermitteln. Weiterhin fehlen die dazugehörigen Umweltproduktdeklarationen für typische Bauteilaufbauten von Verwaltungsbauten (Hohlraumboden, Pfostenriegelkonstruktionen, vorgehängte Metallfassaden, TGA - Anlagen).

Die Untersuchung zum notwendigen Genauigkeitsgrad einer Ökobilanzierung hat ergeben, dass die rechnerische Ermittlung der Ökobilanzierung auf Basis von 20 bis 25 Bauteilaufbauten (Baukonstruktion) für ein Regel-Verwaltungsgebäude ausreichend ist. Voraussetzung hierfür ist eine genaue Mengenermittlung und die Nutzung von Kontrolldiagrammen, die nachfolgend erläutert werden. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die oben beschriebenen fehlenden Umweltproduktdeklarationen keine wesentlichen Einflüsse, mit Ausnahme der noch zu untersuchenden TGA, auf die Ökobilanzierung haben werden.

Die Betriebsphase „Energie“ trägt im Vergleich zur Herstellung und Recycling eines Gebäudes den größten Teil an der Ökobilanzierung bei. Das Verhältnis Betriebsphase „Energie“ / Herstellung und Recycling von Gebäuden wird sich jedoch bei sinkendem Energieverbrauch angleichen, sodass davon auszugehen ist, dass bei Zukunftsbauten die Ökobilanzierung von Baukonstruktionen stärker ins Gewicht fällt als bei aktuellen Neubauten.

Nachfolgende zwei Matrizen greifen obigen Punkt auf, die Gebäude bereits im Planungsprozess zu optimieren. Dabei werden sämtliche zu beachtenden Maßnahmen und ihre Auswirkungen im Planungsprozess gegenübergestellt, um die Ressource Baustoff und Energie in der Planungsphase zu optimieren.

Denn neben der Ermittlung der Baustoffmengen und des Energieverbrauchs im Betrieb können bereits im Planungsprozess Gebäudestrukturen, z.B. durch zukunftsorientierte Raumabmessungen, festgelegt werden, um langlebige Gebäude für die Zukunft zu bauen.

| <b>Ressource Baustoffe in Baukonstruktion und in TGA</b><br><b>im Planungsprozess:</b><br><br>Maßnahmen und seine Auswirkungen | Baustoffhersteller  | Architektur | Rohbau / Statik | Ausbau | Fassade | TGA | Nutzerkomfort: Klima | Nutzerkomfort: Schallschutz | Nutzerkomfort: VOC-Gehalt | Planungsprozess: Zeit | Planungskosten | Herstellkosten | Lebenszykluskosten | Betriebsphase: Energieverbrauch |
|--|---|-------------|-----------------|--------|---------|-----|----------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|---------------------------------|
|  | Zukunftsorientierte Raumabmessungen, Nutzungsflexibilität <sup>1)</sup> |             | ●               |        |         |     |                      |                             |                           |                       | ●              | ●              | ●                  | ●                               |
| Optimierung von Arbeitsformen: Reduktion Grundrissflächen <sup>2)</sup>  |   | ●           |                 |        |         |     |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Revitalisierung von Altbausubstanzen   |   |             | ●               | ●      | ●       | ●   | ●                    | ●                           | ●                         | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Reduzierung/Optimierung Stahlbetonmengen <sup>3)</sup>   |   |             | ●               |        |         |     | ●                    | ●                           |                           | ●                     | ●              | ●              |                    |                                 |
| Trennbarkeit von Baustoffen in Planungsphase <sup>4)</sup>   | ●   | ●           |                 | ●      | ●       | ●   |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Baustoff-Reduzierung umweltrelevanter Baustoffe <sup>5)</sup>  | ●   | ●           |                 | ●      |         |     |                      |                             | ●                         | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Reparaturfähigkeit von Konstruktionen  | ●   | ●           |                 | ●      | ●       |     |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Minimierung der Sanierungsintervalle <sup>6)</sup>   |   | ●           |                 |        |         |     |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Erhöhung der Lebensdauer von Baustoffen  | ●   |             |                 |        |         |     |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Vermeidung großer Energiemengen: Baustoff-/Gebäudeherstellung  | ●   |             |                 |        |         |     |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  |                                 |
| Schlanke Lösung bei High-Tech-Anlagen <sup>7)</sup>  |   |             |                 |        | ●       | ●   | ●                    |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  | ●                               |

1) z.B. Grundrissabmessungen und lichte Raumhöhen für die Integration zukünftiger Technologien (Stichpunkt: Hohlraumboden, abgehängte Decken)  
2) z.B. Telearbeitsplatz, Flächeneffizienz, flexible Arbeitsplätze = geringere Nutzflächen  
3) Stahlbeton trägt zum größten Anteil an Ökobilanzierung (Baustoffe) bei  
4) Wiederverwendung/Recycling von Baustoffen nach Instandhaltung bzw. Nutzungsphase  
5) Vermeidung von Bauhilfsstoffen, Problemstoffen die eine große Umweltwirken besitzen trotz geringem Massengewicht (Beschichtungen, Kleber etc.)  
6) z.B. gezielte Oberflächengestaltung (Teppichqualität, Parkett, Steinbelag) oder gezielte Bauteilauswahl für Grundrissänderungen (Gipskartonständerwand / Systemtrennwand)  
7) z.B. Entfall von Klimaanlage = weniger Rohstoffe

● negative oder positive Auswirkung

Matrix 7.1.3.- 1: Maßnahmen und seine Auswirkungen für die Ressource Baustoffe in Konstruktionen und in TGA

| Resource Energie in Betriebsphase:<br>Maßnahmen und seine Auswirkungen | Bauschaffender<br>Architektur | Rohbau / Statik | Ausbau | Fassade | TGA | Nutzerkomfort: Klima | Nutzerkomfort: Schallschutz | Nutzerkomfort: VOC-Gehalt | Planungsprozess: Zeit | Planungskosten | Herstellkosten | Lebenszykluskosten | Erhöhung Baustoffmengen |
|--|-------------------------------|-----------------|--------|---------|-----|----------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|--------------------|-------------------------|
| Optimierung der Dämmwirkung: Gebäudehülle                              | ●                             | ●               | ●      | ●       | ●   | ●                    |                             |                           |                       |                | ●              | ●                  | ●                       |
| Optimierung des Energieverbrauchs: TGA, Fensterflächen                 |                               | ●               |        | ●       | ●   |                      |                             |                           |                       | ●              | ●              | ●                  | ●                       |
| Dezentrale, multifunktionale Netzversorgung <sup>1)</sup>              |                               |                 |        |         | ●   |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  | ●                       |
| Einsatz Erneuerbare Energien   | ●                             |                 |        |         | ●   |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  | ●                       |
| Schlanke Lösung bei High-Tech-Anlagen <sup>2)</sup>                    | ●                             |                 |        | ●       | ●   |                      |                             |                           | ●                     | ●              | ●              | ●                  | ●                       |
| Einbau GLT-Anlagen: Verbrauchskontrolle in Nutzungsphase               |                               |                 |        |         | ●   |                      |                             |                           |                       | ●              | ●              | ●                  | ●                       |
| Bewertung Strom in der Fläche (z.B. EDV-Anlagen)                       |                               |                 |        |         | ●   |                      |                             |                           |                       | ●              | ●              | ●                  | ●                       |

1) statt Autonomie-Versorgung  
 2) z.B. Entfall von Klimaanlage = weniger Energieverbrauch

● negative oder positive Auswirkung

Matrix 7.1.3.- 2: : Maßnahmen und seine Auswirkungen für die Ressource Energie in Betriebsphase

In der Ökobilanzierung sind Diagramme erforderlich, um die vielen Rechenschritte und Einzelergebnisse besser analysieren und bewerten zu können. Nachfolgende Diagramme stellen Auszüge aus der Nullmessung (AP3) dar, wie Ökobilanzierungsberechnungen kontrolliert, ausgewertet und optimiert werden können.

a) Vergleich der prozentualen Verteilungen pro Gewerk in der Kalkulationsphase: Jeweiligen Wirkungsbilanzen mit Herstellkosten

| 21 - Leistungsbereich            | Kostenverteilung<br>hier: nur Rohbau, Fas und Ausbau |              |         | Volumenverteilung |              |             | Gewichtsverteilung |              |             | Emissionsproblem in a |              |                        | Emissionsproblem in a |                            |                | Emissionsproblem in a |                 |  |
|----------------------------------|--|--------------|---------|-------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|-----------------------|--------------|------------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|-----------------------|-----------------|--|
|                                  | (TEuro)  | (%)          | Euro/m3 | m³                | (%)          | m³/NGF      | t                  | (%)          | t/NGF       | MJ                    | (%)          | kg CO <sub>2</sub> -Äq | (%)                   | kg CO <sub>2</sub> -Äq/NGF | kg R11-Äq      | (%)                   | kg R11-Äq/NGF   |  |
| <b>10 - Summe Rohbau</b>         | <b>7.557,0</b>                                       | <b>47,5%</b> |         | <b>9.485,3</b>    | <b>86,0%</b> | <b>0,87</b> | <b>22.997,7</b>    | <b>94,3%</b> | <b>2,12</b> | <b>27.630.936</b>     | <b>51,2%</b> | <b>25.442,9</b>        | <b>70,9%</b>          | <b>383,51</b>              | <b>1,4E-01</b> | <b>60,0%</b>          | <b>1,27E-05</b> |  |
| 21 Dachdeckung und -dichtung     |  |              | 443     | 4,0%              | 0,04         | 216         | 0,9%               | 0,02         | 4.199.143   | 7,8%                  | 386,66       | 304126,1               | 5,5%                  | 26,09                      | 1,9E-02        | 8,3%                  | 1,75E-06        |  |
| 21.23 Außenbau Dach              |  |              | 39      | 0,4%              | 0,00         | 106         | 0,4%               | 0,01         | 5.930.847   | 11,2%                 | 296,92       | 3.76511,9              | 8,9%                  | 34,67                      | 2,0E-02        | 8,3%                  | 1,86E-06        |  |
| 24 Fenster / Fassadenverkleidung |  | 0,8%         | 442,7   | 4,0%              | 0,04         | 216,1       | 0,9%               | 0,02         | 4.199.143   | 7,8%                  | 386,66       | 304.126,1              | 5,5%                  | 26,09                      | 1,9E-02        | 8,3%                  | 1,75E-06        |  |
| 25 Fassadenverkleidung           |  |              | 160     | 1,4%              | 0,01         | 19          | 0,1%               | 0,00         | 1.377.496   | 2,6%                  | 126,84       | 81902,2                | 1,5%                  | 4,48                       | 6,2E-03        | 2,7%                  | 5,76E-07        |  |
| 26 Rollläden / Sonnenschutz      |  |              | 5       | 0,0%              | 0,00         | 12          | 0,1%               | 0,00         | 1.511.684   | 2,8%                  | 139,29       | 84014,5                | 1,5%                  | 7,74                       | 7,3E-03        | 3,2%                  | 6,72E-07        |  |
| 27 Außenputz                     |  |              |         |                   |              |             |                    |              |             |                       |              |                        |                       |                            |                |                       |                 |  |
| 28.29 Gerätebau-Sonst. Ausbau    |  | 24,9%        | 203,5   | 1,8%              | 0,02         | 137,1       | 0,6%               | 0,01         | 8.820.027   | 16,4%                 | 812,16       | 541.834,6              | 9,7%                  | 49,29                      | 3,4E-02        | 14,6%                 | 3,11E-06        |  |
| 28.29 Außenbau-Fassade           |  |              |         |                   |              |             |                    |              |             |                       |              |                        |                       |                            |                |                       |                 |  |
| 31 Werkstatteinbauten            |  |              | 37      | 0,3%              | 0,00         | 84          | 0,3%               | 0,01         | 1.043.105   | 1,9%                  | 96,05        | 80695,1                | 1,4%                  | 7,43                       | 5,0E-03        | 2,2%                  | 4,65E-07        |  |
| 36 Sonstige Einbauten            |  |              | 16      | 0,1%              | 0,00         | 51          | 0,2%               | 0,00         | 388.466     | 0,7%                  | 37,11        | 33145,7                | 0,1%                  | 1,62                       | 6,9E-04        | 0,1%                  | 1,62E-07        |  |

Das Züblin - Projektdatenblatt für Herstellkosten, welches als Kontrollmechanismus pro Gewerk innerhalb der Angebotsphase eingesetzt wird, ist um die folgenden Spalten erweitert worden:

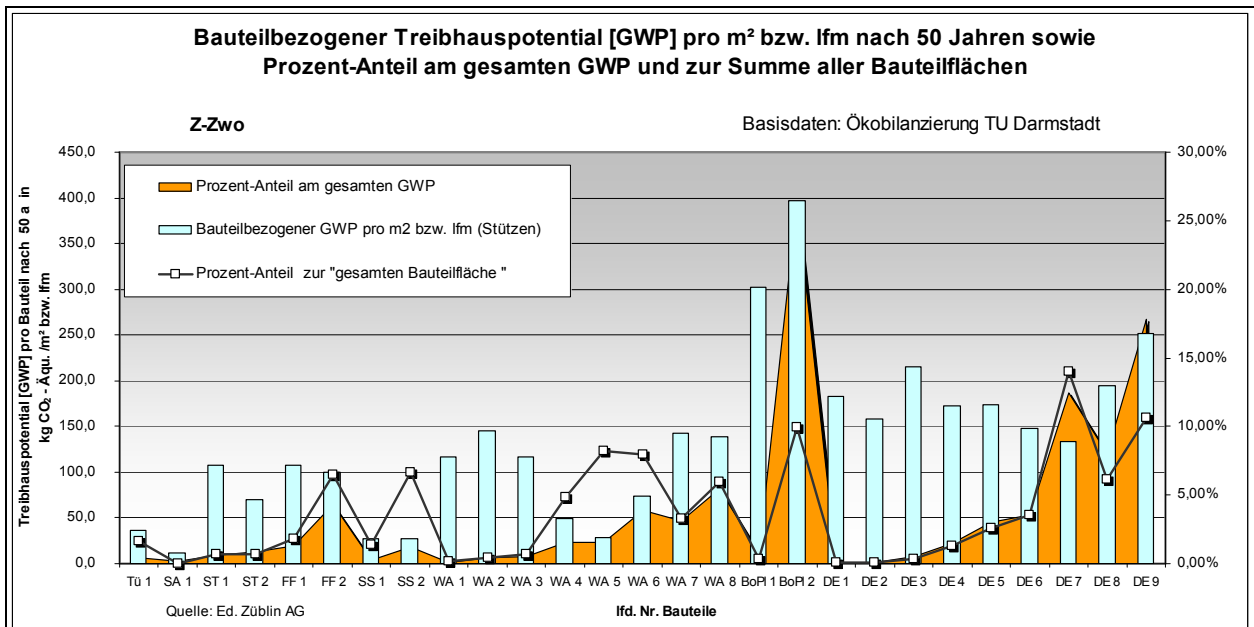
- Baustoff - Volumenverteilung pro Gewerk
- Baustoff - Gewichtsverteilung pro Gewerk
- sämtliche Wirkungsbilanzen pro Gewerk, gemäß DGNB-Steckbriefen 1-5, 10+11

Zu Die Erweiterung des Projektdatenblatts ermöglicht die zeitgleiche Ermittlung der Herstellkosten und Wirkungsbilanzen in bereits vorhandene Strukturen der Ed. Züblin AG, mit dem die unterschiedlichen €/m<sup>3</sup> BRI Kennwerte und %-Anteile pro Gewerk verglichen und abgeleitet werden können.

sätzlich kann das Gebäude in mehrere Bauteile untergliedert werden. Ein typisches Beispiel ist die Unterteilung in Unter- und Obergeschosse, da Untergeschosse in der Regel rohbaulastiger sind und ansonsten das Gesamtergebnis verfälschen würden.

Des Weiteren können dem Bauherrn zusätzliche Informationen und Auswirkungen über die Wirkungsbilanzen und Stoffmengen bei unterschiedlichen Alternativvorschlägen oder Planungsänderungen aufgezeigt werden

- b) Feststellung der bauteilbezogenen Wirkungsbilanz, am Beispiel GWP, nach 50 a sowie die jeweiligen gebäudespezifischen Prozentualanteile

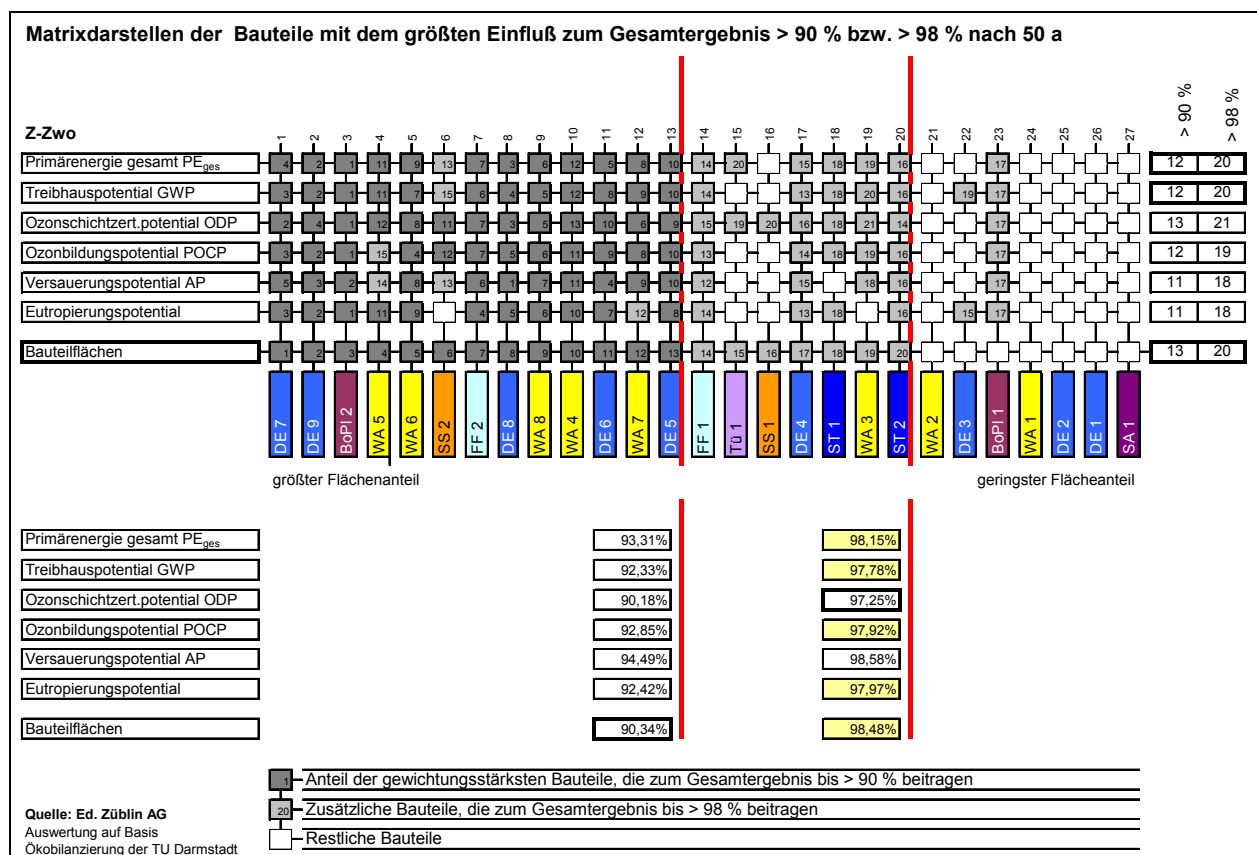


Im Diagramm werden die bauteilbezogenen ökologischen Auswirkungen, hier am Beispiel des Treibhauspotentials (GWP), pro m<sup>2</sup> bzw. lfm Bauteileinheit, gegenübergestellt.

Zusätzlich zum Balkendiagramm sind ihre jeweiligen prozentualen Gewichtsanteile zur Gesamtsumme GWP und zur Summe aller Bauteilflächen dargestellt.

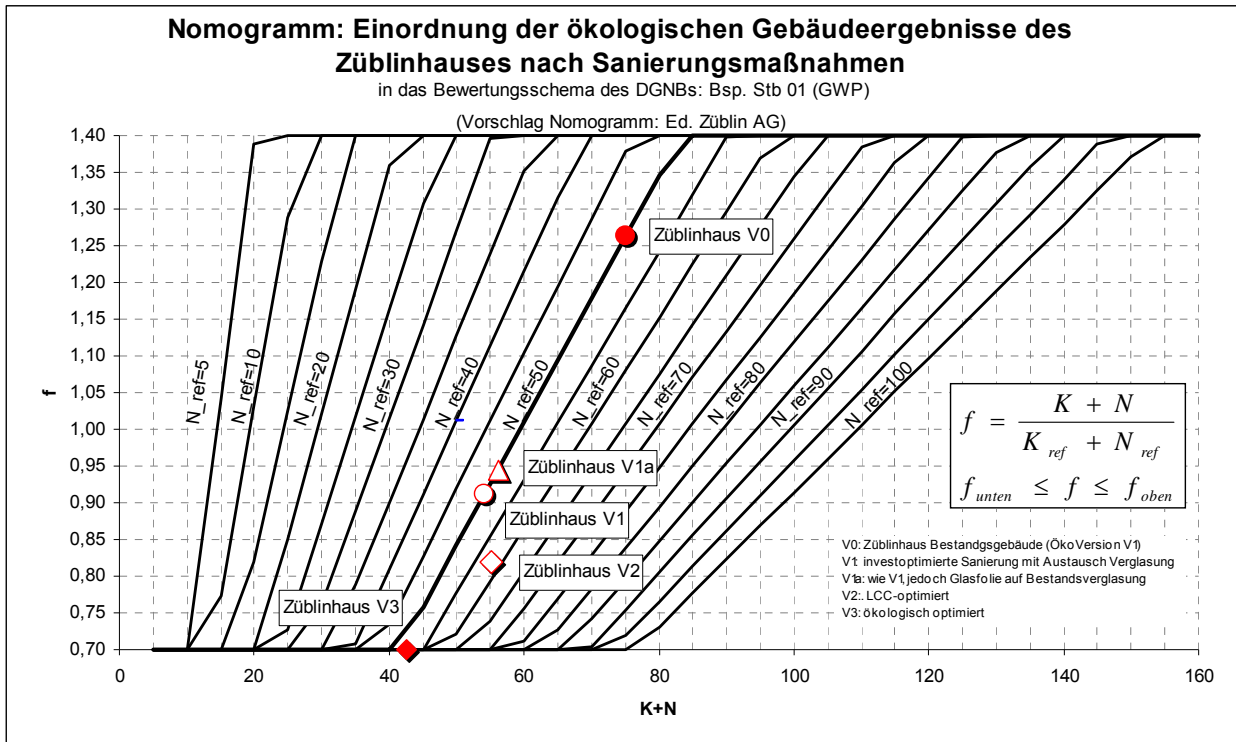
Durch den zusätzlichen Vergleich der Balkenlängen mit ähnlichen Bauteilaufbauten kann bei starken Differenzen schnell analysiert werden, ob Berechnungs-/Eingabefehler vorliegen oder andere Ursachen maßgeblich für diese Differenz sein können, z.B. eine ökologisch ungünstige Bauteilschicht.

c) Matrixdarstellung mit Darstellung der Bauteile mit dem größten Einfluss zum jeweiligen Gesamtergebnis einer Wirkungsbilanz nach 50 a



In der Gesamtmatrix werden sämtliche in der Ökobilanzierung untersuchten Bauteile (x-Achse), entsprechend ihrem Gewichtsanteil an der Gesamtbauteilfläche, von links nach rechts abfallend sortiert und mit den jeweiligen prozentual ermittelten Wirkungsbilanzen (y-Achse) verglichen. Sämtliche in der Matrix farblich markierten Bauteile haben den größten Einfluss zum Gesamtergebnis > 90 % bzw. 98 % an der jeweiligen Wirkungsbilanz bzw. Gesamtbauteilflächen. Näheres siehe Kapitel 3.6.

- d) Einordnung der ökologischen Gebäudeergebnisse in das Bewertungsschema der DGNB, Bsp. Steckbrief 01 „Treibhauspotential“



Mit Hilfe des Nomogramms, hier am Beispiel des Treibhauspotentials, können die Ergebnisse aller Gebäude gemäß Berechnungsmethodik der DGNB grafisch gegenübergestellt werden. Eine Grafik ist erforderlich, da der Referenzwert für die Betriebsphase „Energie“ gebäudespezifisch flexibel ist.

#### 7.1.4 Lebenszykluskosten

In der Vergangenheit wurden die Kosten für die Herstellung von Hochbauten auf der Grundlage der DIN 276 Kosten im Hochbau betrachtet. Sie differenziert die sieben Hauptkostengruppen Grundstück, Herrichten und Erschließen, Bauwerk – Baukonstruktionen, Bauwerk – Technische Anlagen, Außenanlagen, Ausstattung und Kunstwerke und Baunebenkosten.

Im Rahmen von REG haben wir erstmals auch die Lebenszykluskosten berechnet. Zu ihnen zählen neben den Kosten für die Erstellung des Bauwerks (DIN 276) auch die Nutzungskosten im Hochbau (DIN 18960). Dazu gehören die vier Hauptkostengruppen Kapitalkosten, Verwaltungskosten, Betriebskosten und Instandsetzungskosten.



Die Berechnung erfolgte auf der Methodik der DGNB (Büro- und Verwaltungsgebäude V 2008 mit einer Barwertermittlung mittels Rentenbarwertfaktor). Diese berücksichtigt die Verwaltungs- und Kapitalkosten und auch die Kosten des Grundstücks nicht. Des Weiteren wurden die anfallenden Nutzungskosten nicht anhand von Faktorenmodellen oder anteilig der Herstellkosten prognostiziert, sondern die realen Werte des Jahres 2008 ermittelt und in der Lebenszykluskostenanalyse hochgerechnet.

Die Nutzungskosten laut REG-Kennwerttabelle betragen ca. vierzig Prozent.

Laut der Dissertation von Herrn Dr. Riegel [Riegel Dissertation, Jahr 2004, S. 216 ff] sind die Kapitalkosten über den gesamten Lebenszyklus relativ konstant bei dreißig Prozent. Dabei sind die Eigenkapitalquote und der Vervielfältiger zu berücksichtigen. Die Verwaltungskosten machen sechs Prozent aus. Rechnet man diese verschiedenen Nutzungskostenarten (Nutzungs-, Kapital- und Verwaltungskosten) zusammen, betragen die Gesamtnutzungskosten ca. achtzig Prozent der Lebenszykluskosten. Damit erlangen diese eine Bedeutung, die bisher nicht fokussiert oder zumindest unterschätzt wurde.

Die Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) stellte im Jahr 2008 das deutsche Zertifizierungssystem vor. Im Herbst 2008 startete die Pilotphase der Betaversion für Büro- und Verwaltungsgebäude. Lebenszykluskosten haben mit 13,5 Prozent am Gesamtergebnis der DGNB-Gebäudebewertung einen hohen Stellenwert. Durch die DGNB erreichte die Thematik eine breite Aufmerksamkeit in der Baubranche. Sie leitete damit einen Paradigmenwechsel ein. Weg von der investoptimierten und hin zur lebenszykluskostenoptimierten Immobilie. Es kann prognostiziert werden, dass Gebäude zunehmend nicht mehr auf der Grundlage der Baukosten, sondern der Lebenszykluskosten optimiert, geplant, gebaut und betrieben werden.

Die derzeitige DGNB-Systematik der Lebenszykluskostenberechnung berücksichtigt die unterschiedlichen Sichten der Investoren, Projektentwickler, Nutzer, Mieter und Bauunternehmer bislang nur unzureichend. Es gibt zwar akademische Ansätze, aber noch keine standardisierten Verfahren, um die unterschiedlichen Zielvorstellungen abzubilden. Dazu gehören zum Beispiel die Erhebung des Marktwertes einer Immobilie, die Ermittlung der Eigenkapitalrentabilität oder Betrachtungen zur Maximierung der Rendite. Weitere Lücken in der Berechnungssystematik haben wir hinsichtlich der Einbeziehung von Finanzierungskosten oder Erlösen. Es besteht folglich ein großer Bedarf an der Weiterentwicklung entsprechender standardisierter Verfahren.

Nachfolgende Matrix bietet einen, wenn auch unvollkommenen, Einblick in unterschiedliche Sichtweisen und die damit verbundenen Ziele verschiedener am Bau- und Nutzungsprozess Beteiligten. Daraus wird erkennbar, dass, je nach Sichtweise, andere Methoden zur LCC-Berechnung benötigt werden um die Interessen der einzelnen Beteiligten zu berücksichtigen. So ist für den Eigennutzer einer Immobilie ein anderer Betrachtungshorizont interessanter als für einen Mieter der sich nach Ablauf des Mietvertrages ggfs. ein neues Mietverhältnis in einem



anderen Gebäude eingeht. Auch die Zusammensetzung der zu errechnenden Nutzungskosten variiert je nach Sichtweise.

| <b>Lebenszykluskosten - Matrix</b> |   |                           |  |                            |
|------------------------------------|---|---------------------------|--|----------------------------|
| <b>Ausblick in die Zukunft</b>     |   |                           |  |                            |
| <b>Ziele</b>                       | <b>Beteiligte</b>                                   | <b>Methodik</b>           | <b>Kennwerte</b>   | <b>Zeitlicher Horizont</b> |
| Zertifizierung der Nachhaltigkeit  | Generalunternehmer, Auftraggeber, Projektentwickler | DGNB                      | Abstrakt<br>EUR/qm BGF<br>Barwert/Rendite über 50 Jahre  | 50 Jahre                   |
| Betriebskostenoptimierung          | Nutzer, Mieter                                      | DGNB +                    | EUR / qm Jahr o. Monat   | 1 oder 2 Jahre             |
| Instandsetzungskostenoptimierung   | Eigentümer, Investoren                              | DGNB +                    | EUR / qm Jahr  | 20 Jahre                   |
| Marktwert, Ertragswert             | Investor, Käufer                                    | Erweitertes DCF-Verfahren | z.B.:<br>Marktwert,<br>Risikoparameter,<br>Entwicklung der Erlöse,<br>Eigenkapitalrentabilität |                            |
| <b>Sichten</b>                     | <b>Dauer</b>  |                           |  |                            |
|                                    | Annahmen, variieren von Fall zu Fall erheblich      |                           |  |                            |
| DGNB                               | 50 Jahre  |                           |  |                            |
| Investor                           | 5 - 15 Jahre  |                           |  |                            |
| Projektentwickler                  | 12 - 36 Monate                                      |                           |  |                            |
| Institutionelle Eigentümer         | 5 - 25 Jahre  |                           |  |                            |
| Private Eigentümer                 | bis 50 Jahre  |                           |  |                            |
| Mieter                             | 1 Mon bis 5 oder 10 Jahre                           |                           |  |                            |

DGNB +: Eine erweiterte Methodik auf Grundlage der DGNB Berechnung, welche alle im Lebenszyklus anfallenden Kosten, wie Kapital-, Verwaltungs- und Abbruchkosten berücksichtigt

Um Lebenszykluskosten der verschiedenen Gebäude vergleichbar zu machen, hat die DGNB den Betrachtungshorizont für Büroimmobilien auf fünfzig Jahre festgelegt.

Wegen der vielen unterschiedlichen Sichten kann ein einheitlicher Zielwert nicht festgelegt werden. Vor diesem Hintergrund besteht Entwicklungsbedarf in der Systematik und Methode der Berechnung von Lebenszykluskosten.

### **7.1.5 Nutzerkomfort**

Im Forschungsvorhaben wurden, wie es die DGNB vorsieht, pro Gebäude ein Referenzgebäude auf thermische Behaglichkeit nach DIN EN 15 251 [Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik] simuliert.

Ergänzend erfolgten Kurzzeitmessungen in jeweils 10 Räumen pro REG – Gebäude an drei verschiedenen Jahreszeiten und jeweils drei Tageszeiten, um Aussagen des Komforts bei unterschiedlichen Außenklimaten zu erreichen. Zusätzlich erfolgten Nutzerbefragungen, um den subjektiven Eindruck der Nutzer zu den Themen Raumluftqualität, -temperatur, -feuchtigkeit, Zugluft und Schallschutz zu erhalten. Auf diese Basisdaten wurden Bewertungsdiagramme erstellt, um ein Vergleichbarkeit zwischen Nutzerbefragungen und Kurzzeit-Messreihen zu erreichen.

Weiterhin wurden die Innenpegel von Räumen bei verschiedenen Ausgangssituationen sowie Nachhallzeiten gemessen, um die Lärmeinwirkungen auf die Nutzer innerhalb der Büros feststellen und bewerten zu können.

Des Weiteren erfolgten Langzeitmessungen von Raumlufttemperaturen und -feuchten in ausgewählten Büroräumen.

Folgende Maßnahmen können aus den oben beschriebenen Ergebnissen im Planungsprozess für ein Standard-Verwaltungsgebäude abgeleitet und in Abstimmung mit dem Bauherrn umgesetzt werden:

1. Die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit nach DIN EN 15 251 als Methodik hat sich bestätigt und ist für Standard-Verwaltungsgebäude anwendbar.

Die DGNB fordert bei Anwendung der DIN EN 15 251 die Einhaltung der Qualitätsstufe II, um die höchste Punktzahl zu erreichen. D.h. im Winter wird eine operative Mindesttemperatur von 20°C und im Sommer eine gleitende operative Maximaltemperatur gefordert, mit einer maximal empfohlenen Abweichung von 5 %.

Für die energetische, ökologische und ökonomische Optimierung eines Gebäudes, sollte die Qualitätsstufe im Sommer von II auf III abgeändert werden. Mit dieser Maßnahme wird die operative Maximaltemperatur erhöht und die erforderliche jahresbezogene Energie für Kühlleistung sinkt.

2. Die Bekleidungs Vorschrift nach DIN EN 15 251 passt nicht für jedes Nutzerprofil eines mechanisch gekühlten Verwaltungsgebäudes. Die Norm geht davon aus, dass die Angestellten im Sommer leichter Kleidung tragen (0,5 clo) als im Winter (1,0 clo) (1 clo = 0,155 m<sup>2</sup>K/W; Bekleidungsgrad). Diese Randbedingungen können, z.B. in Bankgebäuden

mit vorgeschriebenen Bekleidungs Vorschriften (Anzugspflicht: ~1,0 clo), nicht angesetzt werden. Hier sind im Sommer die Qualitätsstufen I (25°C) oder II (26°C) zu wählen.

3. Der Einfluss des Nutzerverhaltens ist höher zu bewerten, da Simulationen auf Annahmen von durchschnittlichen Nutzern beruhen.
4. Die Gesamtbeurteilung des Arbeitsplatzes zum Nutzerkomfort schwankt innerhalb der Jahreszeiten unwesentlich, trotz negativer thermischer Behaglichkeit im Sommer.

In Großraumbüros und in Besprechungsräumen sind mechanische Lüftungen und unterstützende Klimaanlage zu planen.

In Gruppenbüros ist eine natürliche Be- und Entlüftung ausreichend, wenn im Planungsprozess geeignete Sonnenschutzmaßnahmen und Nachtluftkühlungen vorgesehen werden. Bei letzterem ist die Einbruchsicherung im Erdgeschoss zu überprüfen.

Räume mit geplanten Lüftungsanlagen ohne gekühlte Zuluft (z.B. in Gruppenbüros an verkehrsreichen Straßen) benötigen ergänzende Maßnahmen, um im Sommer einer Gebäudeaufheizung entgegenzuwirken. Die Maßnahmen sind dreh- und öffnenbare Fensterelemente für eine temporäre Querlüftung sowie die Optimierung der Betriebszeiten der Lüftungsanlagen an heißen Sommertagen (z.B. Kühlung der Räume in den kühlen Morgenstunden, Reduzierung des Luftwechsels am Tag).

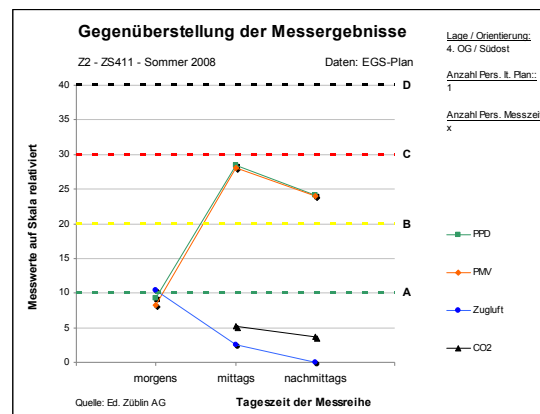
5. Die Nutzer sind toleranter bei der Bewertung der thermischen Behaglichkeit, wenn die Nutzer die Fensterelemente individuell öffnen und Lüftungs- und Klimaanlage individuell regulieren können.

Daher sollten im Planungsprozess die Lüftungs- und Klimaanlage individuell regulierbar vorgesehen und die Nutzer in die Bedienung der Anlagen eingewiesen werden (Reduzierung des Energieverbrauchs und Verbesserung des Nutzerkomforts).

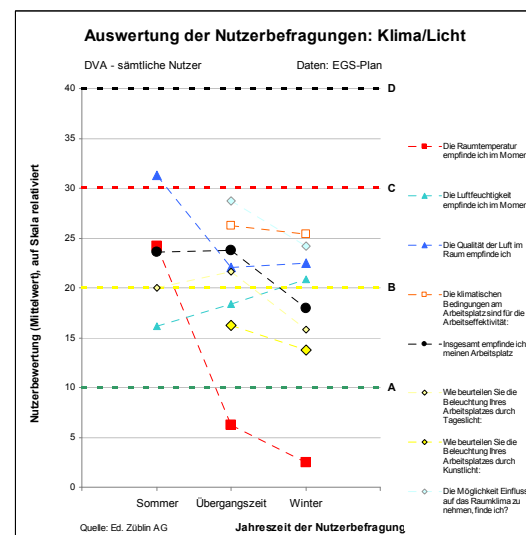
6. Der Außenlärm wird von den Nutzern im Sommer weniger störend empfunden, da hier der Fokus bei der thermischen Behaglichkeit liegt. Räume an verkehrsreichen Straßen mit Lüftungsanlagen werden negativer bewertet.
7. In Großraumbüros, großen Gruppenbüros und Besprechungsräume sind Raumakustikmaßnahmen zur Vermeidung von Störgeräuschen (Gespräche, Telefonaten etc.) vorzusehen.
8. Das Störungsempfinden des Nachbarlärms wird mit einem ausreichenden Schallschutz der Büro- und Flurtrennwände sowie Glastrennwände zu Flurbereichen reduziert. Die Empfehlungenanforderungen nach DIN 4109, Beiblatt 2 sind einzuhalten.
9. Für die Erhöhung der Wertstabilität eines Gebäudes sollten die Schalllängsleitungen der Fassade, des Bodens oder der Decke so ausgeführt werden, dass ohne große technische und wirtschaftliche Maßnahmen die Luftschalldämmung der Bürotrennwände auf 45...47 dB aufgestockt werden kann → flexible Bürogrundrissnutzung.

Um eine Vergleichbarkeit sämtlicher Bewertungskriterien aus Kurzzeit-Messreihen bzw. Nutzerbefragungen (Klima/Licht und Schallschutz) pro Raum und Jahreszeit zu erreichen, wurden in AP 3 ergänzende Diagramme auf Basis einer einheitlichen Skalenwertung erarbeitet. Die nachfolgenden Diagramme (a) bis (c) sind für parallel durchgeführte Vergleichs- und Auswertungsstudien (Nutzerkomfortmessungen/Nutzerbefragungen) heranzuziehen. Aus dem Vergleich der Diagramme pro Raum oder Jahreszeit können Ursachen und Wertigkeiten abgeleitet werden. Die Beschreibungen der Diagramme sind dem Kapitel 3.11 zu entnehmen.

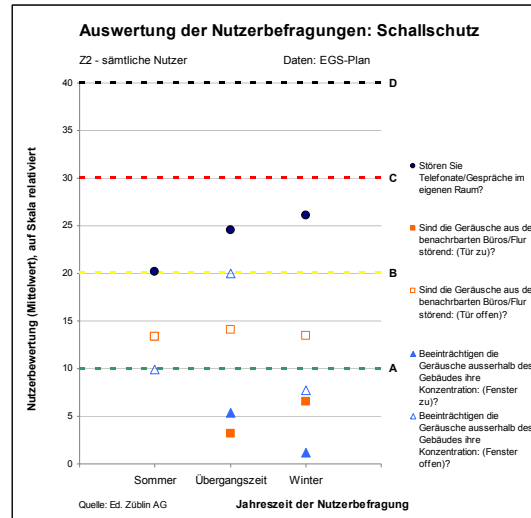
(a) Diagramm für Gegenüberstellung der wichtigsten Bewertungskriterien aus den Kurzzeit-Messreihen, Bsp. Raum ZS 411, Z2 im Sommer



(b) Diagramm für die Auswertung der Nutzerbefragungen: Klima/Licht, Bsp. DVA

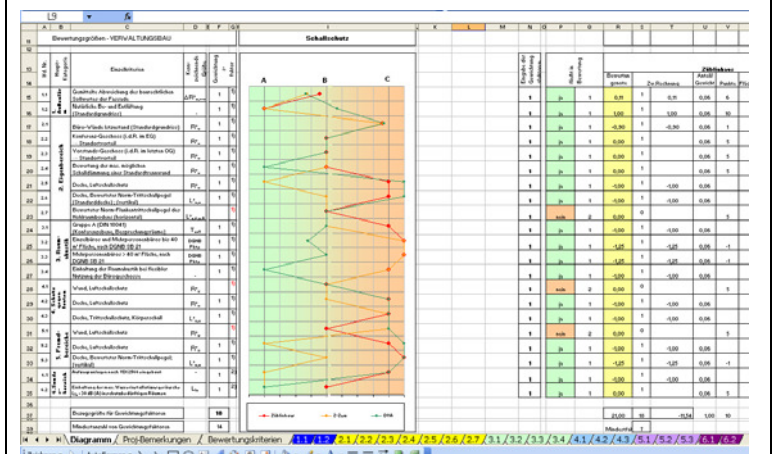


(c) Diagramm für die Auswertung der Nutzerbefragungen: Klima/Licht, Bsp. Z2



Die Qualität des Schallschutzes eines Gebäudes wird herkömmlich nur über die Feststellung bauteilbezogener Einzelkennwerte bewertet, sodass eine direkte Vergleichbarkeit von Gebäuden mit der allgemeinen Vorgehensweise nicht umsetzbar ist. Im Planungsprozess kann nachfolgende Bewertungsmatrix herangezogen werden, um die Vergleichbarkeit der individuellen Schallschutzqualität pro Gebäude zu erreichen. Die Beschreibungen und Anwendung der Bewertungsmatrix sind dem Kapitel 3.9 zu entnehmen.

(d) Bewertungsmatrix Schallschutz für die Vergleichbarkeit der Schallschutzqualität von Gebäuden



### **7.1.6 Planungsprozesse**

Mit der Innovationsplattform **5D** wurde ein Werkzeug entwickelt, das Zusammenarbeit aller Beteiligten am Bauprozess zukünftig grundlegend verändern wird. Basierend auf dem 3D-Modell eines Gebäudes werden die Belange aller am Planungs- und Bauprozess Beteiligten in einem intelligenten Gebäudedatenmodell zusammenführt. Das heißt, die Datensätze der Architektur, der Statik aber auch die Leistungsverzeichnisse für die Ausschreibung als auch Anforderungen des Bauherrn werden integriert. Es entsteht eine einzige Schnittstelle, an der alle Informationen zusammenlaufen. Diese definiert für den gesamten Planungs- und Bauprozess das Bausoll. Änderungen, die sich während der Bearbeitung ergeben, werden direkt in diesem intelligenten Gebäudemodell vorgenommen und stehen somit jedem anderen für seine weitere Bearbeitung unmittelbar zur Verfügung. Es entsteht ein sehr hohes Maß an Transparenz und Nachvollziehbarkeit, das die Informationsverluste in der Kommunikation zwischen verschiedenen Schnittstellen wesentlich minimiert.

Gleichzeitig dient die Plattform als Steuerungsinstrument, mit dem ein Generalunternehmer oder ein Projektentwickler den Bauprozess organisieren und steuern kann. Basierend auf dem 3D-Modell kann ein Bauzeitenplan erstellt und Bauabläufe koordiniert werden. Baukosten werden anhand der Massen, die aus dem 3D-Modell heraus generiert werden, zu jedem Zeitpunkt exakt ermittelt, so dass eine Kostenkontrolle für ein angesetztes Budget gewährleistet ist.

Auch im Hinblick auf die Bewertung der Nachhaltigkeit des Gebäudes bietet die Plattform Vorteile. Durch das Einpflegen von Datensätzen, z.B. zum CO<sub>2</sub>-Gehalt eines Bauteils oder eines Gewerkes, kann ermittelt werden, welche Umweltwirkungen das Gebäude hat.

Die Innovationsplattform 5D hat darüber hinaus auch Einfluss auf den späteren Betrieb des Gebäudes. Durch die detaillierte Dokumentation aller Entwicklungen des Bausolls im Planungs- und Bauprozess existiert mit der Übergabe des Gebäudes ein Datensatz, der das reale Gebäude umfassend virtuell abbildet. Dem Facility Management bietet sich damit die Möglichkeit, Betriebsdaten von haustechnischen Anlagen überwachen oder Wartungs- und Instandhaltungsintervalle koordinieren zu können. Für den Eigentümer bietet das 3D-Modell die Möglichkeit, in der Vermietung kurzfristig Mieterplanungen durchzuspielen und diese dem Interessenten als virtuelle Räumlichkeiten vorzustellen.

Und auch zum Ende des Lebenszyklus eines Gebäudes bei der Demontage oder der Revitalisierung des Gebäudes bietet die Plattform relevante Informationen, die den Abbruch oder die Umplanung vereinfachen.

Die Innovationsplattform 5D schafft damit die Voraussetzungen für eine in Zukunft erfolgreichere Zusammenarbeit der Baubeteiligten. Deren unterschiedliche Anforderungen und Sichtweisen werden zu einem sehr frühen Zeitpunkt erfasst und die Abläufe und Strukturen schon mit Beginn des Planungs- und Bauprozesses festgelegt. Dadurch minimiert die Plattform Schnittstellenverluste und schafft Kosten-, Termin- und Qualitätssicherheit. Ein Wissensverlust bei der Übergabe des Gebäudes wird vermieden und die Durchgängigkeit des Wissenstransfers sichergestellt.

Dieses „Werkzeug“ hilft dabei, Ressourceneffizienz nicht nur auf einzelne Komponenten des Bauens wie Energie oder Baustoffeinsatz zu beschränken, sondern schafft die Möglichkeit die Effizienzen zu verknüpfen und zusätzlich auf den Prozess des Bauens selber zu übertragen.

Mit dem Planungswerkzeug **Queen** und dem **Laserscanning** stehen zwei weitere „Werkzeuge“ zur Verfügung, die als Komponenten dieser Innovationsplattform dienen können. **Queen** bietet die Möglichkeit auf Grundlage des 3D-Modells zu einem frühen Zeitpunkt im Planungsprozess Varianten der Haustechnik im Hinblick auf den Energiebedarf durchzuspielen. Mit geringem Aufwand kann so die Energiebilanz des Gebäudes optimiert werden.

Das **Laserscanning** unterstützt die Erstellung des 3D-Modells. Speziell beim Bauen im Bestand ist dies hilfreich. Mit hoher Präzision wird in einem überschaubaren zeitlichen Rahmen störungsarm die Struktur eines Gebäudes digital aufgenommen. Umbaumaßnahmen können danach genauso effizient auf der Innovationsplattform geplant und durchgeführt werden, wie dies beim Neubau möglich ist.

Aufgabe für die Zukunft wird es sein, die Baubranche von der Qualität der Innovationsplattform zu überzeugen und die eingespielten Mechanismen anzupassen. Die Schaffung einer zentralen Plattform je Bauvorhaben bedeutet nicht nur Nutzen, sondern auch Verantwortung und Disziplin jedes Beteiligten. Mit Hilfe des geplanten Neubaus Z3 für die Ed. Züblin AG am Standort Möhringen bietet sich die Möglichkeit, alle im Konzern vertretenen Fachrichtungen einzubinden. Zusätzlich wird es notwendig sein, dass es seitens des Gesetzgebers und der Normung Anpassungen gibt, die verbindliche Standards setzen. Dann wird es gelingen, über die Innovationsplattform 5D ein neues Denken für den Bauprozess anzustoßen.

## **7.2 Innovative Schlüsseltechnologien**

Die Erkenntnisse aus den Arbeitspaketen AP3 bis AP6 zeigen, dass innovative Gebäude nicht allein durch den Einsatz einzelner Technologien ressourceneffizient werden.

Die Ressourceneffizienz definiert sich jedoch über eine Vielzahl von Technologien, entsprechend der umfangreichen Einzelfaktoren, die für die Thematik der Nachhaltigkeit stehen.

Gleichwohl können Schlüsseltechnologien identifiziert werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Ressourceneffizienz liefern und damit die Verbesserung und Weiterentwicklung eines nachhaltigen Baustandards vorantreiben.

Übertragen auf das vorliegende Forschungsprojekt REG bedeutet dies die Identifizierung von Technologien als Schlüssel zur Umsetzung in einer Praxisphase, der Phase 2.

Auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse des Forschungsvorhabens, die im vorangegangenen Kapitel 7.1 dargestellt sind, werden nachfolgend die maßgeblichen Schlüsseltechnologien aufgeführt, die in einem REG-orientierten Gebäudekonzept zukünftig umgesetzt werden sollen.

### a) Innovation Planungsprozesse

Die neue Sicht- und Vorgehensweise in der Planung insgesamt und gerade auch unter REG-Gesichtspunkten ist die Innovationsplattform 5D, die den Planungs- und Bauprozess modellbasiert abbildet.

Sie bietet die Möglichkeit, in einem frühen Stadium der Planung die Wirkungsweise von Konzeptbausteinen messbar zu machen und somit Vorgaben für ein Gebäudekonzept zu generieren, das die Zielwerte der Ressourceneffizienz nachweisbar einhält. Die Integration und das Andocken von Software-Tools, z. B. zur Ermittlung der Energiedaten oder des CO<sub>2</sub>-Gehaltes eines festgelegten Baustoffkonzeptes trägt dazu bei, die Anforderungen an die ingenieurmäßige Planung zielgerichtet zu beschreiben (Auslobung für Architektur- und Ingenieurleistungen).



b) Schlüsseltechnologien zum Nachweis von Nachhaltigkeitskriterien/Ressourcen-effizienz

Hierunter zählen die methodischen Werkzeuge und Nachweisverfahren zur Festlegung von Material- und Nutzungsstandards bzw. deren rechnerische Überprüfbarkeit.

Dies betrifft:

- den Zielwert für die Flächen- und Nutzungseffizienz von 0,9
- den Maßnahmenkatalog zur Ökobilanzierung und Dokumentation der Umwelteinwirkungen
- die Berechnungsmethodik zur Bewertung des Nutzerkomforts hinsichtlich Behaglichkeit, Schallschutz, Raumklima

c) Schlüsseltechnologien zur Verbesserung der Energieeffizienz durch innovative Technik

- Einsatz von LED-Beleuchtung für Orientierungs- und Effektbeleuchtung bzw. auch als Grundausleuchtung von Arbeitsplätzen.
- Einsatz von Freier Kühlung.
- Außenliegender Sonnenschutz mit Tageslichtlenkung auf allen Gebäudeseiten.
- Energiemonitoring und Zählung sämtlicher Verbräuche.
- Einsatz sorptionsgestützter Kälteerzeugung durch Wärme aus thermischen Solaranlagen oder BHKW-Abwärme.
- Einsatz von Erdwärmegewinnung (Erdsonden, Brunnen, Energiepfähle).
- Einsatz eines Biomasse BHKW's (Holzpellets, Biogas, Pflanzenöl).
- Einsatz einer Photovoltaikanlage zur hauptsächlichen Eigennutzung.

### **7.3 Nachhaltigkeitsorientierter Baustandard für die Zukunft**

REG hat sich zum Ziel gesetzt, einen Nachhaltigkeitsorientierten Baustandard für die Zukunft zu entwickeln. Vor dem Hintergrund vorgenannter Ausführungen, Ergebnisse und Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt ist dies eine komplexe Herausforderung, weil sich Gebäude über eine Vielzahl unterschiedlichster Kennwerte definieren. Der Umfang ist aus der Kennwerttabelle in AP3 (Kap. 3.17) ersichtlich. Für jeden Kennwert einen allgemein gültigen Wert festzulegen, ist schwierig. Hinzu kommt, dass die Anforderungen an ein ressourceneffizientes Gebäude von dem Fokus abhängen, mit dem er bewertet wird. Ein Mieter wird ein Objekt unter anderen Prämissen definieren, als ein Investor oder ein Bauunternehmen. Der Gedanke der Energieeffizienz bezieht sich somit zunächst auf die Kennwerte, auf die fokussiert wird. Die anderen Werte werden dadurch entweder unmittelbar beeinflusst oder treten zurück. Das heißt, das Gebäude hat in Teilbereichen sehr gute Werte im Sinne der Ressourceneffizienz. In anderen Bereichen wird sie dies nicht erreichen.

Mit dem Zertifizierungssystem der DGNB hat sich parallel zu diesem Forschungsvorhaben ein System entwickelt, das sich ebenfalls mit der Nachhaltigkeit von Gebäuden auseinandersetzt und versucht einen einheitlichen Standard zu definieren, der Gebäude messbar und vergleichbar macht. In unterschiedlichen Qualitäten und Handlungsstufen wird die Nachhaltigkeit abgebildet. Auch in diesem System beeinflussen sich die einzelnen Parameter gegenseitig. Bei der Bewertung von Gebäuden kann damit ein einheitliches Gütesiegel, z.B. Silber, herauskommen. Die Qualitäten mit denen dieses Gütesiegel erreicht wird, sind jedoch nie identisch. Ein einheitlicher Standard ist also auch hier nicht gegeben, sondern nur Rahmenbedingungen, in denen sich ein ressourceneffizientes Gebäude bewegen kann.

Führt man diesen Gedanken weiter, so kann der Baustandard für ressourceneffiziente Gebäude nur ein Baukasten aus den verschiedensten Kennwerten sein. Diese Kennwerte können sowohl die Qualitäten der DGNB, als auch die Vorgaben eines Nutzers oder Bauherren beinhalten. Auch standortspezifische rechtliche oder klimatische Rahmenbedingungen spielen eine Rolle. Die Bausteine aus dem Baukasten werden für jedes Gebäude neu zusammengesetzt. Zum Teil werden auch Bausteine weglassen. Dieses Prinzip spiegelt der morphologische Kasten wider (siehe Abbildung). Hier werden alle relevanten Anforderungen zusammengestellt und die unterschiedlichen Grenz- bzw. Zielwerte für jedes Kriterium festgelegt. Danach kann man sich im Auswahlverfahren durch die Aufstellung durcharbeiten, und somit Schritt für Schritt sein ressourceneffizientes Gebäude definieren.

Beispielhaft wurde dies auf Grundlage der im Forschungsvorhaben erarbeiteten Kennwerte für einen geplanten Büroneubau der Firma Züblin Z3 aufgestellt. Im Rahmen eines Wettbewerbes sind derzeit Architekturbüros in Zusammenarbeit mit Fachplanern aufgefordert, ein Gebäude für den Standort in Möhringen zu entwickeln, das das Ziel einer maximalen Ressourceneffizienz umsetzt.

| Thema                                       | Option 1            | Option 2              | Option 3                      | Option 4                  | Option 5     |
|---|---------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------|
| A / V                                       | 0,3                 | 0,27                  | 0,25                          | 0,2                       |              |
| Fensterflächenanteil                        | 40%                 | 50%                   | 60 %                          | 70%                       |              |
| Konstruktion II                             | Stahlbeton          | Holzbau               | Holz und Lehm                 |                           |              |
| Geschosshöhe                                | 3,25 m              | 3,40 m                | 3,50 m                        |                           |              |
| Raumhöhe im Lichten                         | 2,75 m              | 2,90 m                | 3,00 m                        |                           |              |
| Achsraaster                                 | 1,20 m              | 1,35 m                | 1,40 m                        |                           |              |
| Fassade I                                   | EnEV 2009           | Passivhaus            | Passivhaus +                  |                           |              |
| Fassade II                                  | WDVS                | Vorhangfassade        | begrünte Fassade              | PV-Fassade                |              |
| mittlerer U-Wert Hülle opak                 | 0,25 W/qm K         | 0,2 W/qm K            | 0,15 W/qm K                   |                           |              |
| mittlerer U-Wert Hülle transparent          | 1,5 W/qm K          | 1,4 W/qm K            | 1,3 W/qm K                    | 1,0 W/qm K                |              |
| Verglasung I                                | 2-fach Verglasung   | 3-fach Verglasung     |                               |                           |              |
| Heizen                                      | Gas                 | Wärmepumpe Luft       | Wärmepumpe Geothermie         | Pellet                    | BHKW Biogas  |
| Solare Gewinne (elektrisch)                 | Dach                | in Fassade integriert | (außerhalb des Gebäudes)      | keine                     |              |
| Raumtemperierung                            | BKT ohne Heizkörper | BKT mit Heizkörper    | Luftheizung ggf mit Zonierung | Splitgeräte               |              |
| Kühlung                                     | Kompression         | Wärmepumpe Luft       | Wärmepumpe Geothermie         | Wärmepumpe Grundwasser    |              |
| Wärmespeicher                               | Eisspeicher         | Puffer-speicher       | keine                         |                           |              |
| Regenwassernutzung                          | ja                  | nein                  |                               |                           |              |
| CO2 in Baustoffen (SB1) (kgCO2-Äqu./m² 50a) | 2.200               | 2.000                 | 1.800                         | 1.600                     |              |
| Beleuchtung                                 | LED-Leuchten        | Deckenleuchten        | AP-Tischleuchten              | Tisch- und Deckenleuchten | Stehleuchten |

|   |                               |                                 |                                 |     |     |
|---|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----|-----|
| Flexibilität                                    | 1 Mieteinheit<br>pro Geschoss | 2 Mieteinheiten<br>pro Geschoss | 4 Mieteinheiten<br>pro Geschoss |     |     |
| Zertifizierung DGNB                             | Bronze                        | Silber                          | Gold                            |     |     |
| Nutzerkomfort (Bürostruktur,<br>Klimatisierung) | ...                           | ...                             | ...                             | ... | ... |
| Raumakustische<br>Anforderungen                 | ...                           | ...                             | ...                             | ... | ... |
| ...   | ...                           | ...                             | ...                             | ... | ... |

Abb. 7.11-1: Beispiel Morphologischer Kasten

Das heißt, dass angepasst an den Standort und die Nutzeranforderungen ein Gebäudespezifischer Baustandard entsteht. Dieser lässt sich nur begrenzt auf andere Gebäude übertragen.

Man muss also die Frage stellen, ob ein ressourceneffizienter Baustandard sich ausschließlich auf die gebaute Qualität eines Gebäudes beziehen sollte. Die gebaute Qualität wird in den Prozessen definiert und festgelegt, die in der Planung und Ausführung ablaufen. Eine Verbesserung dieser Prozesse führt somit unweigerlich auch zu einer Verbesserung des Gebäudes. Mit Hilfe der entwickelten Planungswerkzeuge und der Datenbank für innovative Technologien wird die Bewertung und Anpassung von Konzepten zu einem sehr frühen Zeitpunkt in der Planung verbessert. Die unterschiedlichen Sichtweisen der Beteiligten werden durch eine einheitliche Kommunikationsplattform (5D) rechtzeitig berücksichtigt, so dass Widersprüche leichter ausgeräumt werden können. Das Bausoll und damit die Qualität des Gebäudes wird somit frühzeitig gesichert.

Der ressourceneffiziente Baustandard sollte deshalb nicht ausschließlich die gebaute Qualität eines Gebäudes beschreiben, sondern vielmehr zusätzlich auch die Qualität des Planungs- und Bauprozesses in seiner Gesamtheit.

Möge dieser Bericht vielen Lesern Ansporn zu Nachhaltigem Denken und Handeln sein.

Das REG-Team der Ed Züblin AG

Stuttgart, im April 2010

# **Erfolgskontrollbericht**

## Inhaltsverzeichnis

|   |          |
|---|----------|
| <b>Erfolgskontrollbericht</b> .....   | <b>3</b> |
| I. Ergebnisse des Vorhabens und Beitrag zu den förderpolitischen Zielen ..... | 3        |
| II. Fortschreibung des Verwertungsplans .....                                 | 3        |
| III. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben .....                       | 4        |
| IV. Präsentationsmöglichkeiten .....  | 4        |
| V. Einhaltung der Kosten- und Zeitplanung .....                               | 5        |
| VI. Berichtsblatt .....   | 6        |

## Erfolgskontrollbericht

### **I. Ergebnisse des Vorhabens und Beitrag zu den förderpolitischen Zielen**

Mit den im Forschungsvorhaben entwickelten Planungswerkzeugen (5D, Queen) können in einem frühen Stadium der Projektentwicklung Untersuchungen durchgeführt werden, die es ermöglichen Entscheidungen bei der Gebäudestruktur und Ausstattung so auszurichten, dass eine hohe Energie- oder Materialeffizienz erreicht wird. Darüber hinaus bieten sie eine zentrale Plattform, die allen Beteiligten gleichermaßen als Grundlage für die Bearbeitung dient und somit Schnittstellenverluste abbauen kann. Die Prozesse der Planung und Ausführung werden somit in Zukunft deutlich effektiver durchgeführt werden können. Weitere Ausführungen finden sich in Kapitel 5 des Schlussberichtes.

Bei der Optimierung von Gebäuden in Bezug auf Energieverbrauch, Einsatz von Baustoffen und der Lebenszykluskosten dient die Innovationsliste als Informationsquelle. Aus ihr werden abhängig von der Marktreife, den Investitionskosten etc. die Technologien herausgesucht, die für das jeweilige neu zu entwickelnde Gebäude sinnvoll sind. Die Auswirkungen einzelner Innovationen kann anhand der virtuellen Berechnungen für zwei der Referenzgebäude abgelesen werden. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Bewertung von Bestandsimmobilien, aber auch für Neubauten können sie als Orientierung dienen. Auch die Kostenseite wird beleuchtet. Für die detaillierte Betrachtung wird an dieser Stelle auf die Kapitel 3, 4 und 6 des Schlussberichtes verwiesen.

Die Definition eines allgemeingültigen Baustandards ist aufgrund der Vielfalt an Parametern eine komplexe Herausforderung. Für einzelne Aspekte wie Energieverbrauch, Rohstoffeinsatz, Umweltwirkungen oder Wirtschaftlichkeit können sinnvoll erscheinende Standards beschrieben werden. Ihr Zusammenwirken in Kombination mit den Verbesserungsvorschlägen für den Prozess des Bauens führen insgesamt zu einem effizienteren Umgang mit den beim Bauen genutzten Ressourcen. In Teilbereichen hat die Analyse weitere Fragestellungen zu Tage gefördert, die idealerweise in der praktischen Umsetzung weiter verfolgt werden sollten. Dabei sollten auch einzelne Technologien, die in diesem Bericht nur virtuell untersucht werden, auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht werden.

### **II. Fortschreibung des Verwertungsplans**

Erfindungen/Schutzrechte wurden im Rahmen des Forschungsprojekts nicht angemeldet. Da es sich im konkreten Fall um theoretische Untersuchungen, Analysen und Auswertungen handelt. In der 2. Phase des Forschungsvorhabens könnte jedoch aus den entwickelten Werkzeugen zur

Prozessoptimierung oder der Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen bei einzelnen innovativen Technologien die Notwendigkeit der Anmeldung von Schutzrechten entstehen.

Auch die wirtschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Erfolgsaussichten sind aufgrund der theoretischen Untersuchung nur schwer zu bewerten. Die Innovationsliste sollte auf jeden Fall als Datenbank für die Entwicklung neuer Gebäude genutzt werden. Die Konzepte zur Schaffung einheitlicher Kommunikationsplattformen für die Abwicklung eines Bauvorhabens werden dazu beitragen, dass die Wirtschaftlichkeit von Projekten zunimmt. Mit weiteren Werkzeugen wie der Ökobilanzierung oder Queen kann Energie- bzw. Baustoffeffizienz in einem frühen Stadium des Planens bewertet und gesichert werden.

### **III. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Ein Ziel des Forschungsvorhabens war, ein Planungstool (WebPort) zu erstellen, mit dem Software gestützt verschiedene Sonnenschutzsysteme hinsichtlich der zu erwartenden Kühllasten aus solaren Einträgen für ein Standardbüroraum verglichen werden können. Als Projektpartner die Veluxstiftung (48%) und Firma Griesser (17%) Sonnenschutz aus der Schweiz, sowie Firma Warema (17%) und Firma Züblin (17%) aus Deutschland als Projektpartner vorgesehen.

Im November 2008 wurde der Förderantrag bei der Veluxstiftung aufgrund der Finanzkrise abgelehnt. Aus gleichen Gründen zog Warema im März 2009 seine Zusage für eine finanzielle Unterstützung zurück. Das Vorhaben konnte damit nicht mehr umgesetzt werden und wurde im August 2009 eingestellt. Die hierfür vorgesehenen Fördermittel des PTJ wurden auf andere Bereiche des Forschungsvorhabens umgewidmet.

### **IV. Präsentationsmöglichkeiten**

Die Veröffentlichung der Forschungsergebnisse erfolgt über die Technische Informationsbibliothek der Universität Hannover. Darüber hinaus werden die Ergebnisse im Rahmen von Fachtagungen innerhalb des Konzerns oder auf Messen vorgestellt.

Über die Homepage des Konzerns soll außerdem die Möglichkeit geschaffen werden, die Ergebnisse der Forschung für alle Mitarbeiter des Konzerns online einsehbar zu machen.

Eine Verlagsveröffentlichung ist derzeit nicht vorgesehen.



## **VI.    Berichtsblatt**

## Berichtsblatt

|  |   |
|--|---|
| 1. ISBN oder ISSN -----  | 2. Berichtsart <b>Schlussbericht</b>                        |
| 3a. Titel des Berichtes<br><b>REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen</b>   |   |
| 4a. Autoren des Berichtes (Name, Vorname(n))<br><b>Schweig Ulrich, Genswein Markus, Luik Bettina, Bader Gerhard, Schaffer Christian, Knabe Thomas, Quessoudis Kirk, Russ Jürgen, Mahler Dr. Boris,</b> | 5. Abschlussdatum des Vorhaben<br><b>Oktober 2009</b>       |
|  | 6. Veröffentlichungsdatum<br>----                           |
|  | 7. Form der Publikation<br><b>Bericht</b>                   |
| 4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))<br>----   | 9. Ber.Nr. Durchführende Institution<br>----                |
| 8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse)<br><b>Ed. Züblin AG</b><br><b>Albstadtweg 3</b><br><b>70567 Stuttgart</b>   | 10. Förderkennzeichen<br><b>0327240E</b>                    |
|  | 11a. Seitenzahl Bericht<br><b>1.364 Seiten ohne Anlagen</b> |
|  | 11b. Seitenzahl Publikation<br>----                         |
| 13. Fördernde Institution (Name, Adresse)<br><b>Bundesministerium für</b><br><b>Wirtschaft und Technologie (BMWI)</b><br><b>53107 Bonn</b>   | 12. Literaturangaben<br><b>Siehe Bericht</b>                |
|  | 14. Tabellen<br><b>Siehe Bericht</b>                        |
|  | 15. Abbildungen<br><b>Siehe Bericht</b>                     |
| 16. Zusätzliche Aufgaben<br><b>Bericht in Verbindung mit REG-Forschungsbericht Bilfinger Berger</b>  |   |
| 17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) -----  |   |
| 18. Kurzfassung <b>siehe Projektbericht</b>  |   |
| 19. Schlagwörter <b>Ressourceneffizienz, zukunftsorientierte Planungsprozesse (5D), Ökobilanzierung, integrale Planung, Innovationsliste</b>   |   |
| 20. Verlag -----   | 21. Preis -----   |

## Document Control Sheet

|  |   |
|--|---|
| 1. ISBN oder ISSN      -----   | 2. type of document <b>Schlussbericht</b>             |
| 3a. title<br><b>REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen</b>   |   |
| 4a. author(s) (family name, first name(s))<br><b>Schweig Ulrich, Genswein Markus, Luik Bettina, Bader Gerhard, Schaffer Christian, Knabe Thomas, Quessoudis Kirk, Russ Jürgen, Mahler Dr. Boris,</b> | 5. end of project<br><b>Oktober 2009</b>              |
|  | 6. publication date<br>----                           |
|  | 7. form of publikation<br><b>Bericht</b>              |
| 4b. Autoren der Publikation (Name, Vorname(n))<br>----   | 9. originator's report no<br>----                     |
| 8. performing organizations(s) (name, address)<br><b>Ed. Züblin AG</b><br><b>Albstadtweg 3</b><br><b>70567 Stuttgart</b>   | 10. reference no<br><b>0327240E</b>                   |
|  | 11a. no. of pages<br><b>1.364 Seiten ohne Anlagen</b> |
|  |   |
| 13. sponsoring agency (name, adress)<br><b>Bundesministerium für</b><br><b>Wirtschaft und Technologie (BMWI)</b><br><b>53107 Bonn</b>  | 12. no. of references<br><b>Siehe Bericht</b>         |
|  | 14. no of tables<br><b>Siehe Bericht</b>              |
|  | 15. no of figures<br><b>Siehe Bericht</b>             |
| 16. supplementary notes<br><b>Bericht in Verbindung mit REG-Forschungsbericht Bilfinger Berger</b>   |   |
| 17. presented at (titel, place, date)      -----   |   |
| 18. abstact <b>siehe Projektbericht</b>  |   |
| 19. keywords <b>Ressourceneffizienz, zukunftsorientierte Planungsprozesse (5D),<br/>Ökobilanzierung, integrale Planung, Innovationsliste</b>   |   |
| 20. publisher      ----  | 21. price      ----                                   |

**Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2**

**GEBÄUDETYP: Verwaltungsgebäude**

**Bauteile:**

|                                   | Nr.           | Bauteil  |
|-----------------------------------|---------------|--|
| <b>Dach</b>                       | <b>FD1</b>    | Flachdach Terasse über 03./05.OG                 |
|                                   | <b>FD2</b>    | Flachdach über 05.OG Glashof                     |
| <b>Fenster</b>                    | <b>FF1</b>    | Fenster Fassade Holz bzw. Alu                    |
|                                   | <b>Türen1</b> | Stahltüren mit Drahtglasfüllung Glashof          |
| <b>Opake Bauteile</b>             | <b>AW1</b>    | Außenwand zweischalig Brüstung unter Fensterband |
|                                   | <b>AW2</b>    | Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude         |
|                                   | <b>AW3</b>    | Pfeiler Innendämmung                             |
|                                   | <b>AW4</b>    | Besprechungstürme innen gedämmt                  |
|                                   | <b>AW5</b>    | Paneel Innenhof                                  |
|                                   | <b>AW6</b>    | Fassade/Brüstung zur Halle                       |
|                                   | <b>AW7</b>    | Fassade/Pfeiler zur Halle                        |
| <b>Opake Bauteile - Rest</b>      |               |  |
| <b>Decken gegen AL nach unten</b> | <b>ABL1</b>   | Decke EG A-Block gegen TG-Einfahrt               |
| <b>Bauteile gegen Erdreich</b>    | <b>AWE1</b>   | Außenwand gegen Erdreich                         |
|                                   | <b>AWE2</b>   | Außenwand gegen Erdreich gedämmt                 |
|                                   | <b>BoPI1</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich                       |
|                                   | <b>BoPI2</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt               |
| <b>Trenn. Bauteile</b>            | <b>FuD1</b>   | Decke über 06.OG gegen Technikdach               |
|                                   | <b>FuD2</b>   | Decke EG gegen unbhzt. Keller                    |
|                                   | <b>FuD3</b>   | Boden Kantine gegen 02.UG                        |
|                                   | <b>FuW1</b>   | Wand gegen unbeheizt Innendämmung                |
|                                   | <b>FuW2</b>   | Wand gegen unbeheizt gedämmt                     |
|                                   | <b>FuW3</b>   | Innenwand  |

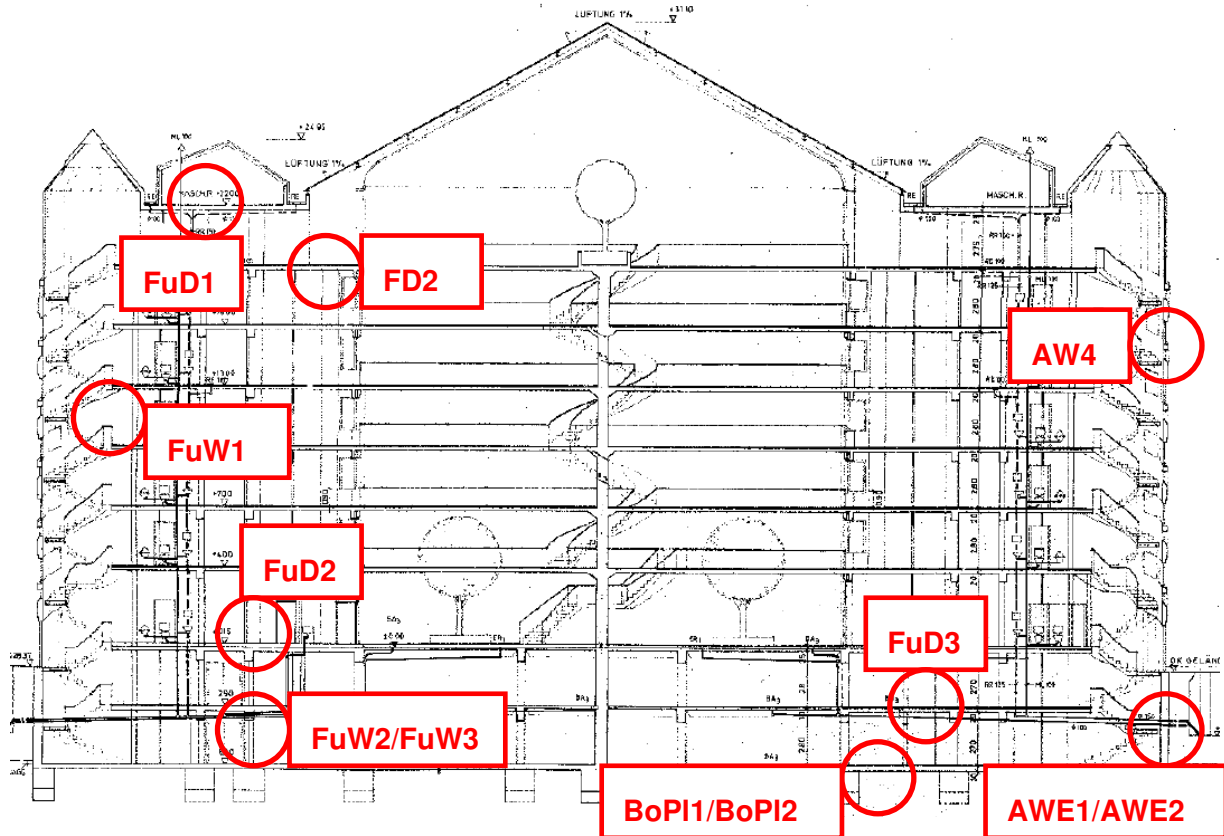
**Generell gilt:**

Die Angaben in den Bauteildatenblättern beziehen sich auf die wärmeschutz- und feuchteschutztechnischen Anforderungen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit für die Ausführung.

Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN  
4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

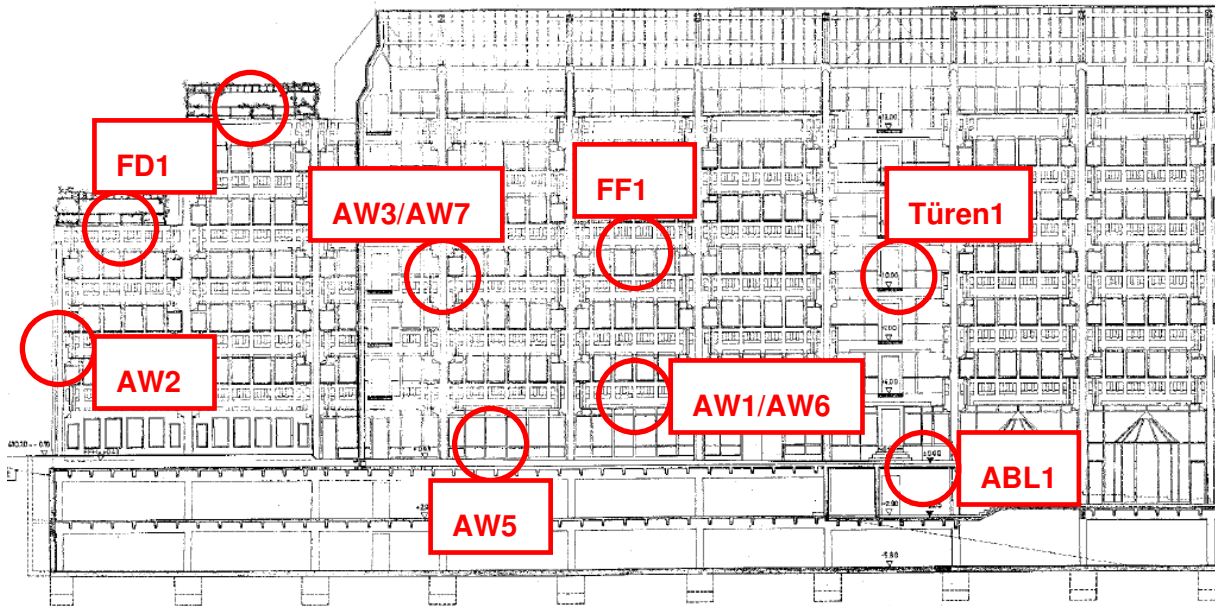
Pläne

Schnitt ost-west



Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN  
4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

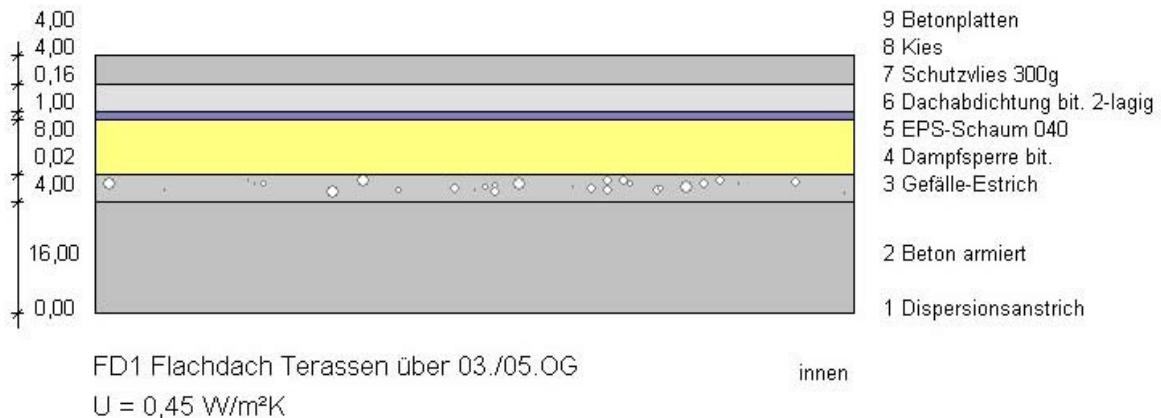
Schnitt nord-süd



## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FD1 Flachdach Terrassen über 03./05.OG



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                      | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK]  | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|--------------|---------------------------|
| $R_{si}$                       |           |                           |                      |              | 0,100                     |
| 01 Dispersionsanstrich         | -         | 1550                      | -                    | -            | -                         |
| 02 Beton armiert               | 16,00     | 2300                      | 368,0                | 2,500        | 0,064                     |
| 03 Gefälle-Estrich             | 4,00      | 2000                      | 80,0                 | 1,400        | 0,029                     |
| 04 Dampfsperre bit.            | 0,02      | 1000                      | 0,2                  | -            | -                         |
| 05 EPS-Schaum 040              | 8,00      | 25                        | 2,0                  | 0,040        | 2,000                     |
| 06 Dachabdichtung bit. 2-lagig | 1,00      | 1500                      | 15,0                 | -            | -                         |
| 07 Schutzvlies 300g            | 0,16      | 300                       | 0,5                  | -            | -                         |
| 08 Kies                        | 4,00      | 1800                      | 72,0                 | -            | -                         |
| 09 Betonplatten                | 4,00      | 2200                      | 88,0                 | -            | -                         |
| $R_{se}$                       |           |                           |                      |              | 0,040                     |
|                                | d = 37,18 | G = 625,7                 |                      | $R_T = 2,23$ |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,448 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

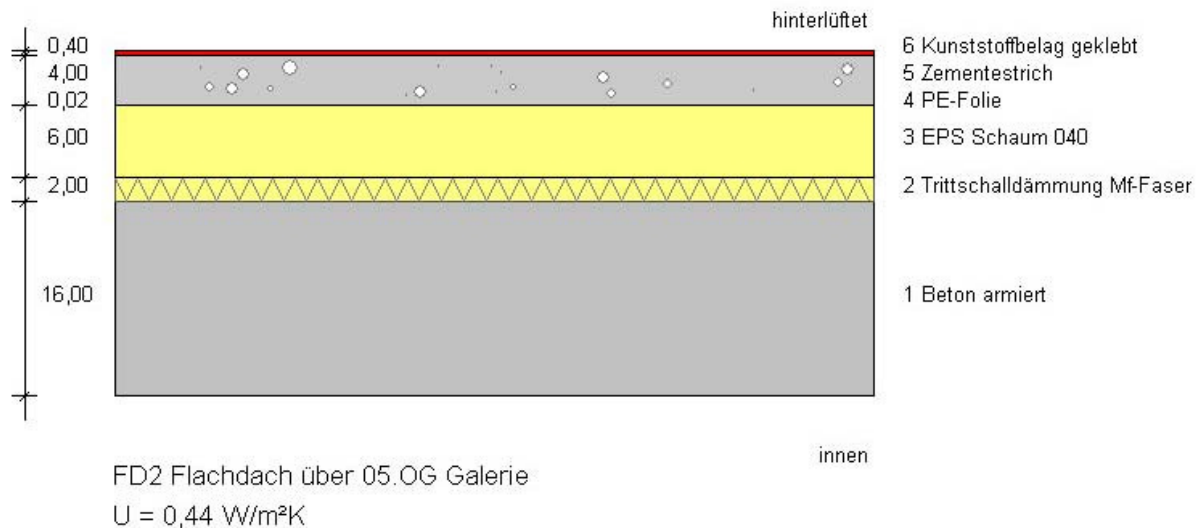
Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 2,09 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FD2 Flachdach über 05.OG Galerie



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                   |                     | 0,100        |
| 01 Beton armiert                      | 16,00     | 2300              | 368,0             | 2,500               | 0,064        |
| 02 Trittschalldämmung Mf-Faser        | 2,00      | 70                | 1,4               | 0,040               | 0,500        |
| 03 EPS Schaum 040                     | 6,00      | 25                | 1,5               | 0,040               | 1,500        |
| 04 PE-Folie                           | 0,02      | 1000              | 0,2               | -                   | -            |
| 05 Zementestrich                      | 4,00      | 2000              | 80,0              | 2,000               | 0,020        |
| 06 Kunststoffbelag geklebt            | 0,40      | 1700              | 6,8               | 0,350               | 0,011        |
| $R_{se}$                              |           |                   |                   |                     | 0,100        |
| d = 28,42      G = 457,9 $R_T = 2,30$ |           |                   |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,436 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Decke zum nicht ausgebauten Dachraum. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$2,10 \geq 0,90$  [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

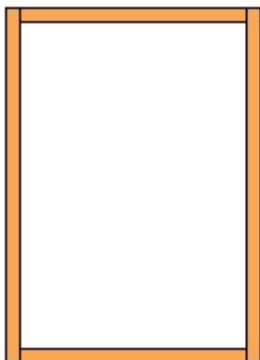


## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FF1 Fenster Fassade (Hof und außen) Holz



Bauteiltyp "Fenster"

#### Verglasung + Rahmen:

Holzrahmen

Zweischeiben-Isolierverglasung

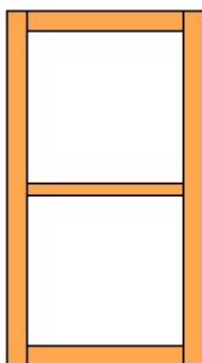
$U_w = 2,60 \text{ W/m}^2\text{K}$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: TÜREN1 Stahltüren mit Drahtglasfüllung Glashalle



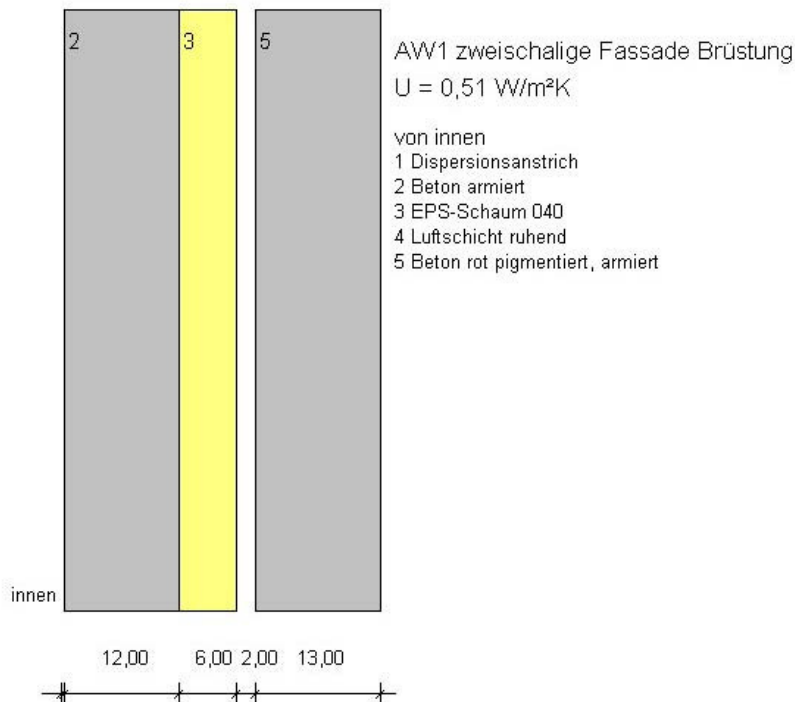
Bauteiltyp "Außentür verglast"

$U_W = 3,000 \text{ W/m}^2\text{K}$  wird für die weiteren Berechnungen angenommen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: AW1 zweischalige Fassade Brüstung



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | [kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|---------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |         |                     | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich                | –         | 1550              | –       | –                   | –            |
| 02 Beton armiert                      | 12,00     | 2300              | 276,0   | 2,500               | 0,048        |
| 03 EPS-Schaum 040                     | 6,00      | 25                | 1,5     | 0,040               | 1,500        |
| 04 Luftschicht ruhend                 | 2,00      | 1                 | 0,0     | –                   | 0,175        |
| 05 Beton rot pigmentiert, armiert     | 13,00     | 2300              | 299,0   | 2,300               | 0,057        |
| $R_{se}$                              |           |                   |         |                     | 0,040        |
| d = 33,00      G = 576,5 $R_T = 1,95$ |           |                   |         |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,513 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

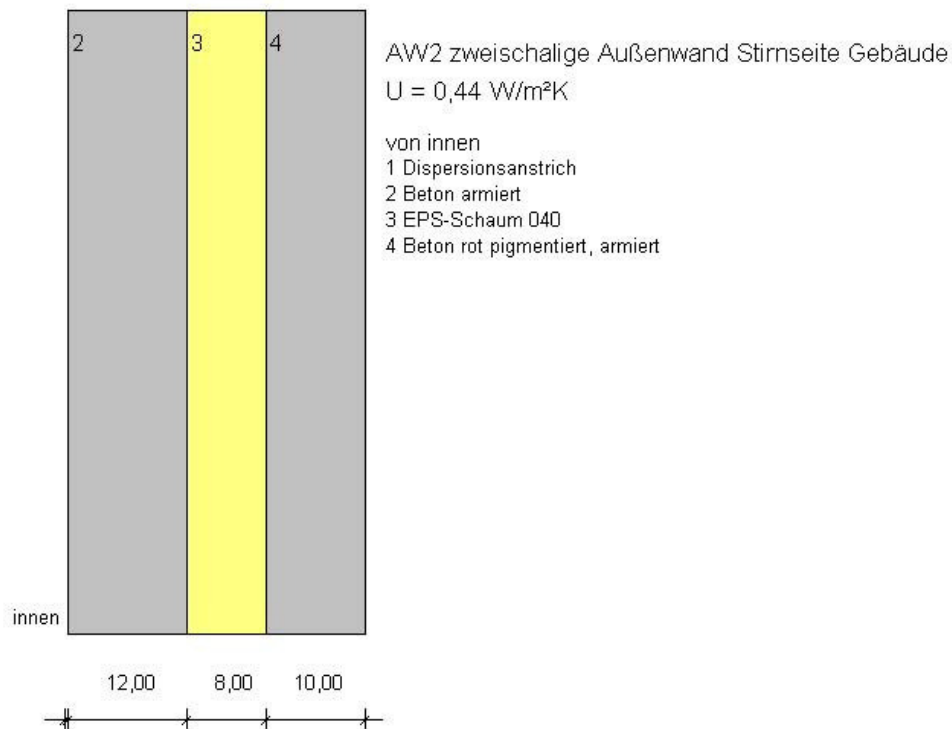
R      1,78 ≥ 1,20    [m²K/W]    erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW2 zweischalige Außenwand Stirnseite Gebäude



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                   |                     | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich                | -         | 1550              | -                 | -                   | -            |
| 02 Beton armiert                      | 12,00     | 2300              | 276,0             | 2,500               | 0,048        |
| 03 EPS-Schaum 040                     | 8,00      | 25                | 2,0               | 0,040               | 2,000        |
| 04 Beton rot pigmentiert, armiert     | 10,00     | 2300              | 230,0             | 2,300               | 0,043        |
| $R_{se}$                              |           |                   |                   |                     | 0,040        |
| d = 30,00      G = 508,0 $R_T = 2,26$ |           |                   |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,442 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

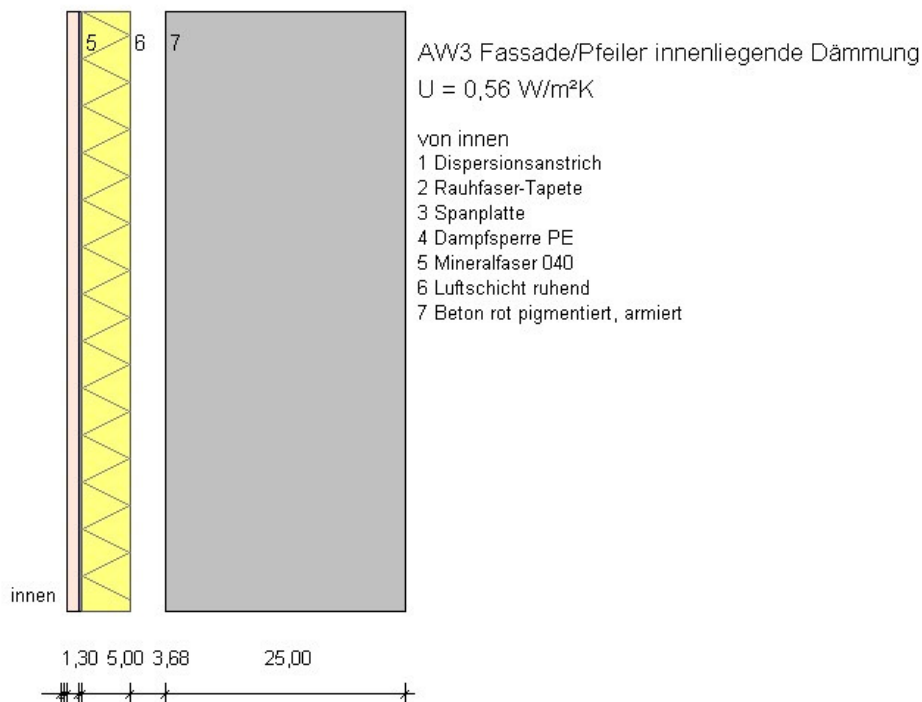
R      2,09 ≥ 1,20    [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW3 Fassade/Pfeiler innenliegende Dämmung



Bauteiltyp "Außenwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                     | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich                | -         | 1550              | -                   | -            |
| 02 Rohfaser-Tapete                    | -         | -                 | -                   | -            |
| 03 Spanplatte                         | 1,30      | 600               | 7,8                 | 0,093        |
| 04 Dampfsperre PE                     | 0,02      | 1000              | 0,2                 | -            |
| 05 Mineralfaser 040                   | 5,00      | 20                | 1,0                 | 1,250        |
| 06 Luftschicht ruhend                 | 3,68      | 1                 | 0,0                 | 0,180        |
| 07 Beton rot pigmentiert, armiert     | 25,00     | 2300              | 575,0               | 0,109        |
| $R_{se}$                              |           |                   |                     | 0,040        |
| d = 35,00      G = 584,0 $R_T = 1,80$ |           |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,555 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

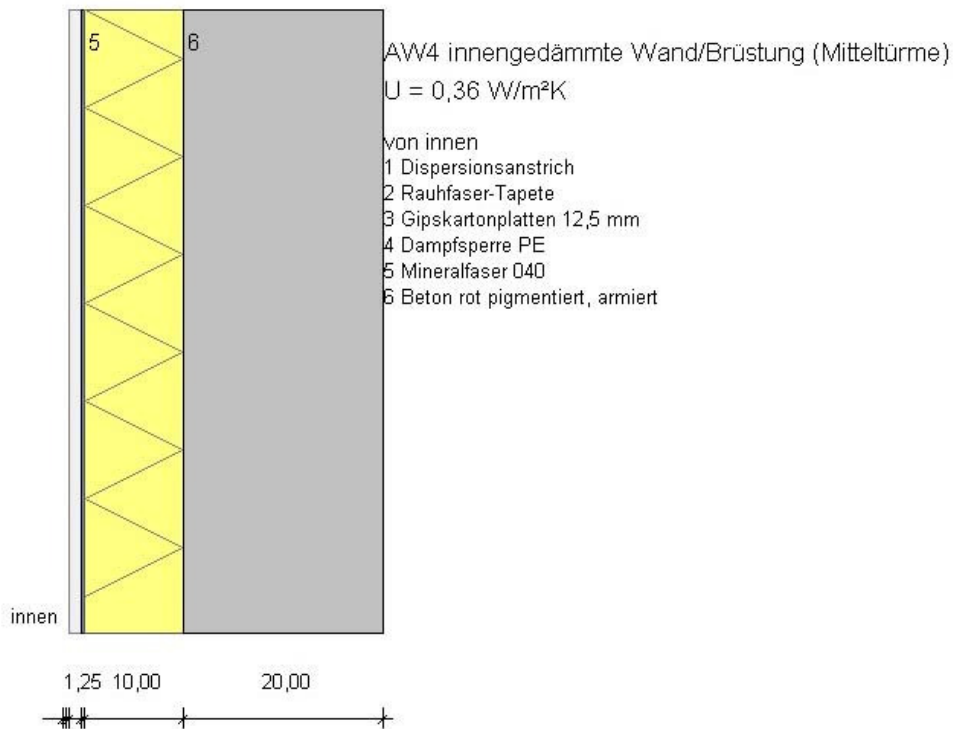
R      1,63 ≥ 1,20    [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW4 innengedämmte Wand/Brüstung (Mitteltürme)



Bauteiltyp "Außenwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                          |           |                   |                     | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich            | -         | 1550              | -                   | -            |
| 02 Rohfaser-Tapete                | -         | -                 | -                   | -            |
| 03 Gipskartonplatten 12,5 mm      | 1,25      | 900               | 11,3                | 0,050        |
| 04 Dampfsperre PE                 | 0,02      | 1000              | 0,2                 | -            |
| 05 Mineralfaser 040               | 10,00     | 20                | 2,0                 | 2,500        |
| 06 Beton rot pigmentiert, armiert | 20,00     | 2300              | 460,0               | 0,087        |
| $R_{se}$                          |           |                   |                     | 0,040        |
| d =                               |           |                   |                     |              |
|                                   | 31,27     | G =               | 473,5               | $R_T =$ 2,81 |

Wärmedurchgangskoeffizient U = 0,356 W/m²K (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

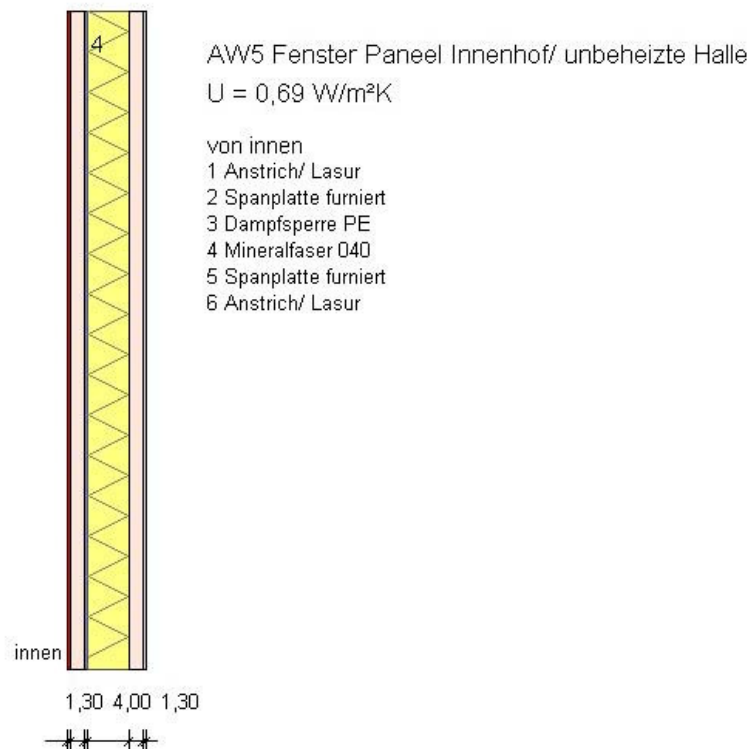
R 2,64 ≥ 1,20 [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW5 Fenster Paneel Innenhof/ unbeheizte Halle



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                            |           |                   |                     | 0,130        |
| 01 Anstrich/ Lasur                  | -         | 1650              | -                   | -            |
| 02 Spanplatte furniert              | 1,30      | 600               | 7,8                 | 0,093        |
| 03 Dampfsperre PE                   | 0,02      | 1000              | 0,2                 | -            |
| 04 Mineralfaser 040                 | 4,00      | 20                | 0,8                 | 1,000        |
| 05 Spanplatte furniert              | 1,30      | 600               | 7,8                 | 0,093        |
| 06 Anstrich/ Lasur                  | -         | 1650              | -                   | -            |
| $R_{se}$                            |           |                   |                     | 0,130        |
| d = 6,62      G = 16,6 $R_T = 1,45$ |           |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,692 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10$  °C, frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

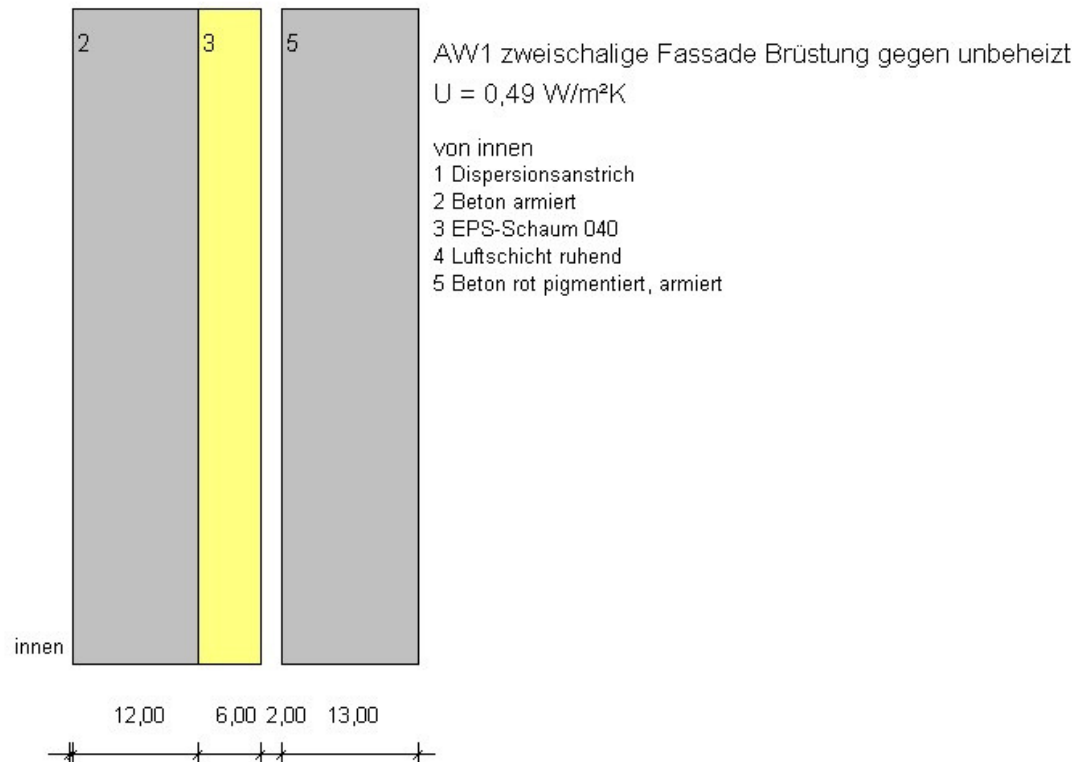
R      1,19 ≥ 0,25    [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW6 zweischalige Fassade Brüstung gegen unbeheizte Halle/ Innenhof



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                          |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich            | –         | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Beton armiert                  | 12,00     | 2300                           | 2,500               | 0,048                     |
| 03 EPS-Schaum 040                 | 6,00      | 25                             | 1,5                 | 1,500                     |
| 04 Luftschicht ruhend             | 2,00      | 1                              | 0,0                 | 0,175                     |
| 05 Beton rot pigmentiert, armiert | 13,00     | 2300                           | 2,300               | 0,057                     |
| $R_{se}$                          |           |                                |                     | 0,130                     |
| d = 33,00                         |           |                                |                     |                           |
|                                   |           | G = 576,5                      |                     |                           |
|                                   |           |                                |                     | R <sub>T</sub> = 2,04     |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,490 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit T < 10 °C, frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 1,78 ≥ 0,25 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

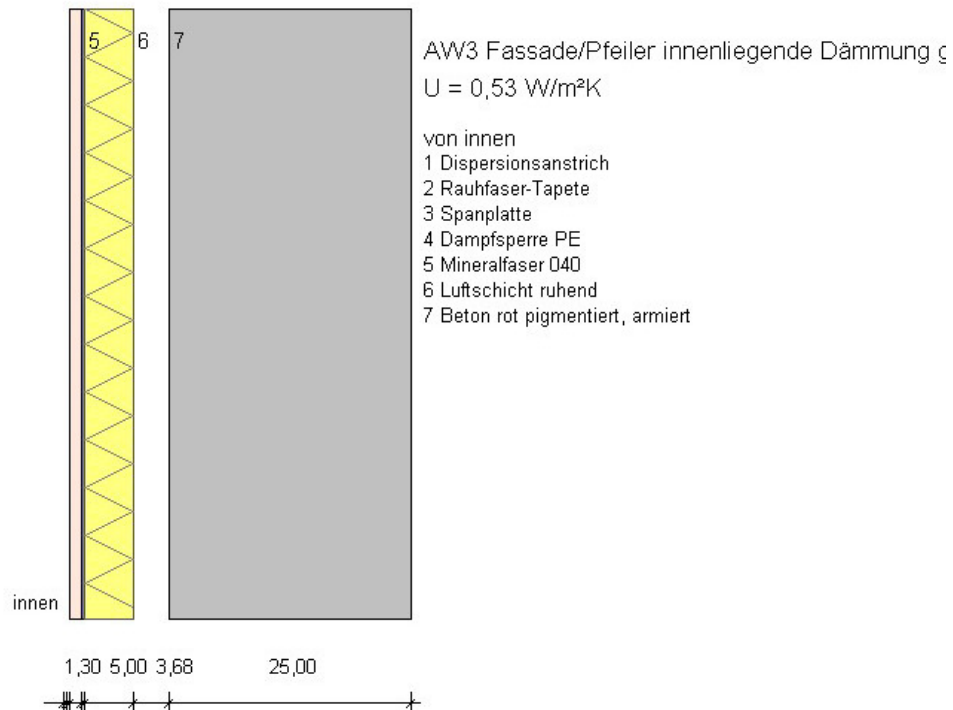


## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW7 Fassade/Pfeiler innenliegende Dämmung gegen unbeheizte Halle/ Innenhof



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                          |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich            | -         | 1550                           | -                              | -                   | -                         |
| 02 Rohfaser-Tapete                | -         | -                              | -                              | -                   | -                         |
| 03 Spanplatte                     | 1,30      | 600                            | 7,8                            | 0,140               | 0,093                     |
| 04 Dampfsperre PE                 | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 05 Mineralfaser 040               | 5,00      | 20                             | 1,0                            | 0,040               | 1,250                     |
| 06 Luftschicht ruhend             | 3,68      | 1                              | 0,0                            | -                   | 0,180                     |
| 07 Beton rot pigmentiert, armiert | 25,00     | 2300                           | 575,0                          | 2,300               | 0,109                     |
| $R_{se}$                          |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| d = 35,00                         |           |                                |                                |                     |                           |
| G = 584,0                         |           |                                |                                |                     |                           |
| $R_T = 1,89$                      |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,529 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

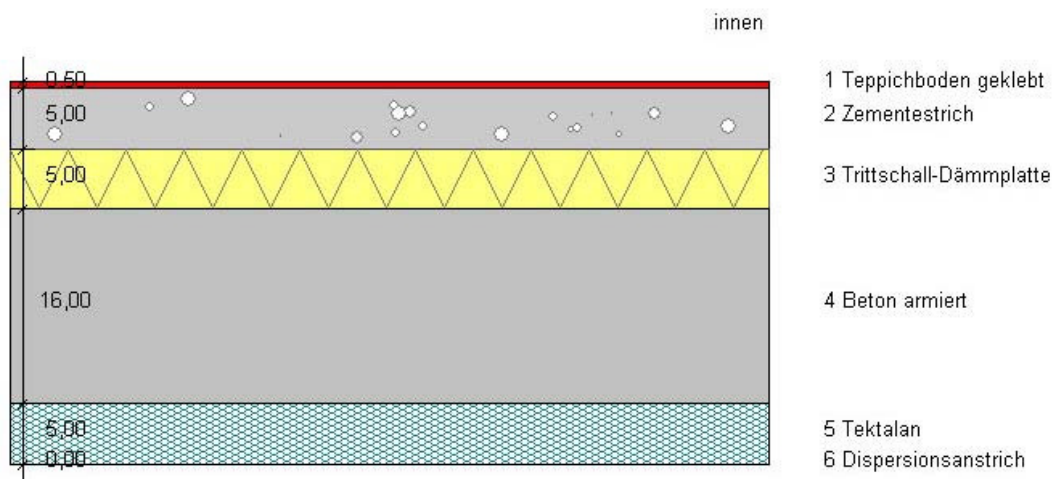
Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 1,63 \geq 0,25 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: ABL1 Decke A Block gegen TG-Einfahrt



ABL1 Decke A Block gegen TG-Einfahrt

$U = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Teppichboden geklebt               | 0,50      | 200                            | 1,0                            | -                   | -                         |
| 02 Zementestrich                      | 5,00      | 2000                           | 100,0                          | 1,400               | 0,036                     |
| 03 Trittschall-Dämmplatte             | 5,00      | -                              | -                              | 0,040               | 1,250                     |
| 04 Beton armiert                      | 16,00     | 2300                           | 368,0                          | 2,500               | 0,064                     |
| 05 Tektalan                           | 5,00      | 115                            | 5,8                            | 0,035               | 1,429                     |
| 06 Dispersionsanstrich                | -         | 1550                           | -                              | -                   | -                         |
| $R_{se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
| d = 31,50      G = 474,8 $R_T = 2,99$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,335 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

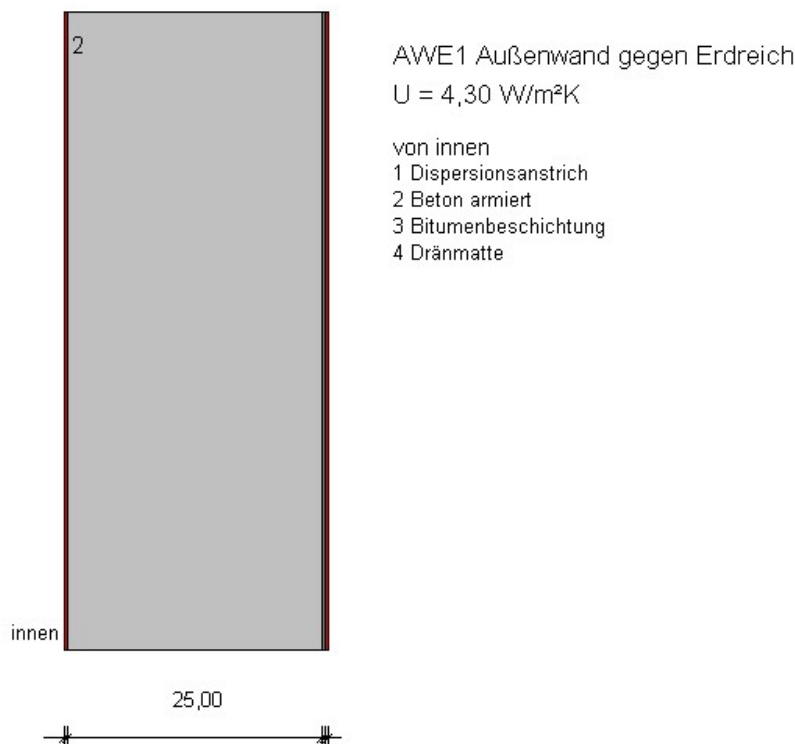
Decke über Durchfahrt. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 2,78 \geq 1,75 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: AWE1 Außenwand gegen Erdreich



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                     | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich                | -         | 1550              | -                   | -            |
| 02 Beton armiert                      | 25,00     | 2300              | 2,500               | 0,100        |
| 03 Bitumenbeschichtung                | 0,04      | 1100              | 0,170               | 0,002        |
| 04 Dränmatte                          | 0,30      | -                 | -                   | -            |
| $R_{se}$                              |           |                   |                     | 0,000        |
| d = 25,34      G = 575,4 $R_T = 0,23$ |           |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **4,304 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand gegen Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

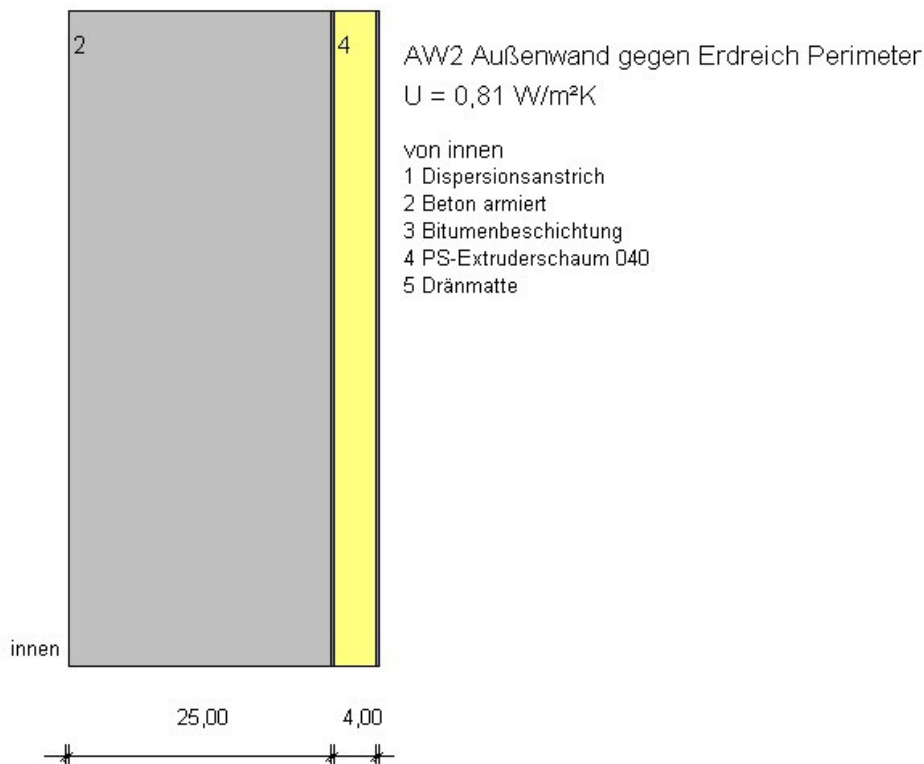
R      0,10 < 1,20    [m²K/W]    nicht zulässig

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW2 Außenwand gegen Erdreich Perimeter



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |              |
|--------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|--------------|
| $R_{si}$                 |           |                   |                   |                     | 0,130        |              |
| 01 Dispersionsanstrich   | -         | 1550              | -                 | -                   | -            |              |
| 02 Beton armiert         | 25,00     | 2300              | 575,0             | 2,500               | 0,100        |              |
| 03 Bitumenbeschichtung   | 0,10      | 1100              | 1,1               | 0,170               | 0,006        |              |
| 04 PS-Extruderschaum 040 | 4,00      | 25                | 1,0               | 0,040               | 1,000        |              |
| 05 Dränmatte             | 0,30      | -                 | -                 | -                   | -            |              |
| $R_{se}$                 |           |                   |                   |                     | 0,000        |              |
| d = 29,40                |           |                   |                   |                     | G = 577,1    | $R_T = 1,24$ |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,809 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

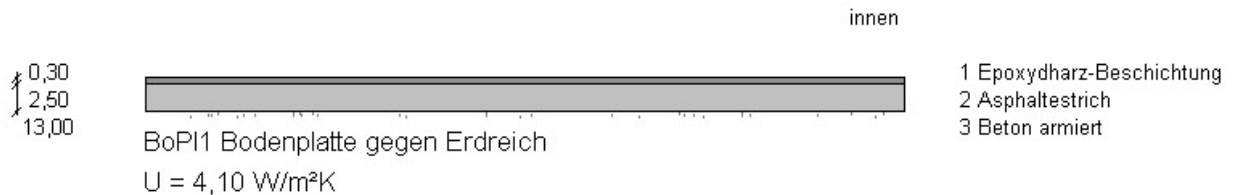
Außenwand gegen Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 1,11 < 1,20 [m²K/W] nicht zulässig

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: BoP11 Bodenplatte gegen Erdreich



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                  | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|----------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                   |           |                   |                     | 0,170        |
| 01 Epoxydharz-Beschichtung | 0,30      | 1200              | 3,6                 | –            |
| 02 Asphaltestrich          | 2,50      | 2300              | 57,5                | 0,022        |
| 03 Beton armiert           | 13,00     | 2300              | 299,0               | 0,052        |
| $R_{se}$                   |           |                   |                     | 0,000        |
| d = 15,80                  |           |                   |                     | G = 360,1    |
|                            |           |                   |                     | $R_T = 0,24$ |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **4,103 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

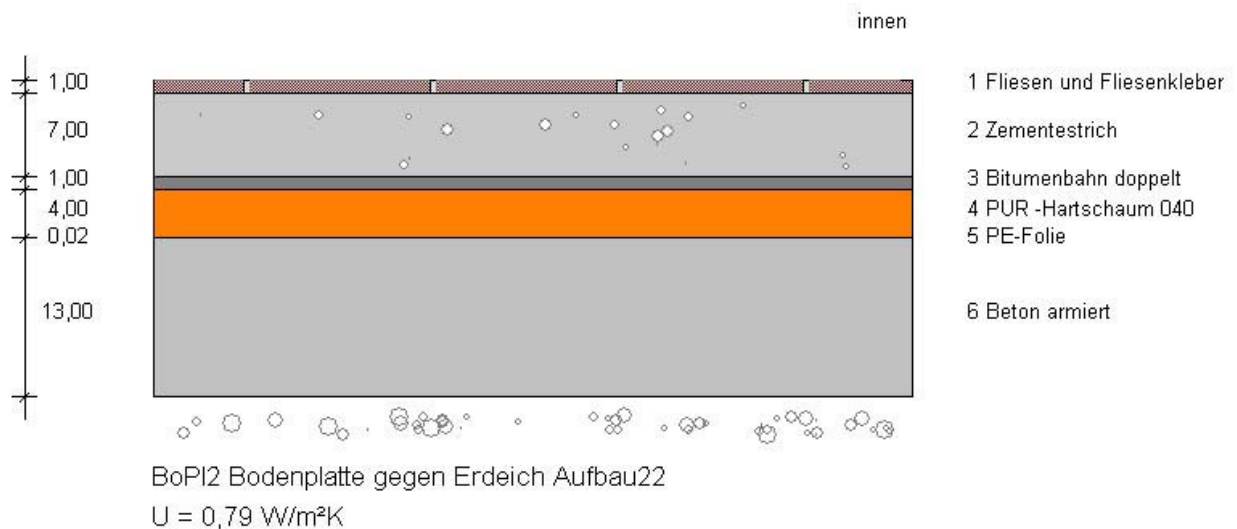
Bodenplatte auf Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 0,07 < 0,90 [m²K/W] nicht zulässig

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: BoPI2 Bodenplatte gegen Erdeich Aufbau22



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                   |                     | 0,170        |
| 01 Fliesen und Fliesenkleber          | 1,00      | 2000              | 20,0              | -                   | -            |
| 02 Zementestrich                      | 7,00      | 2000              | 140,0             | 1,400               | 0,050        |
| 03 Bitumenbahn doppelt                | 1,00      | 1200              | 12,0              | -                   | -            |
| 04 PUR -Hartschaum 040                | 4,00      | 30                | 1,2               | 0,040               | 1,000        |
| 05 PE-Folie                           | 0,02      | 1000              | 0,2               | -                   | -            |
| 06 Beton armiert                      | 13,00     | 2300              | 299,0             | 2,500               | 0,052        |
| $R_{se}$                              |           |                   |                   |                     | 0,000        |
| d = 26,02      G = 472,4 $R_T = 1,27$ |           |                   |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,786 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Bodenplatte auf Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

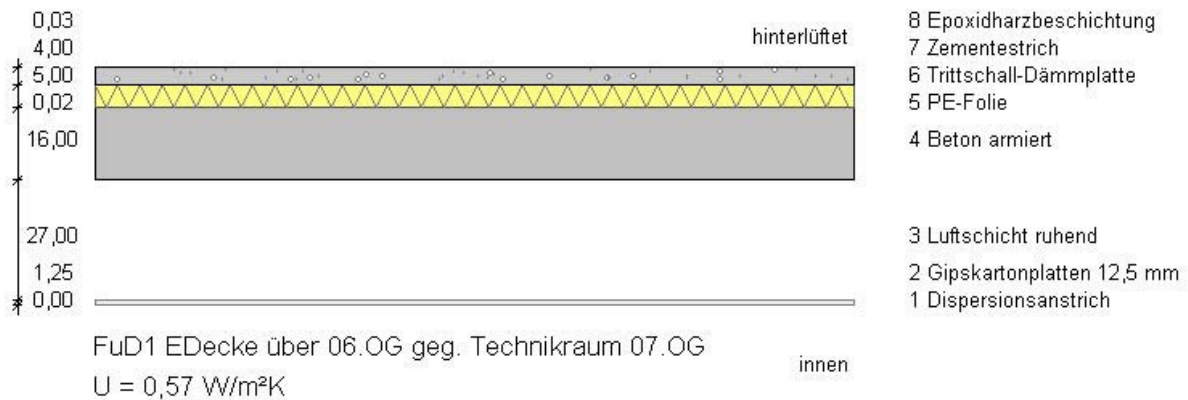
R      1,10  $\geq$  0,90 [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuD1 EDecke über 06.OG geg. Technikraum 07.OG



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Dispersionsanstrich                | -         | 1550                           | -                              | -                   | -                         |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm          | 1,25      | 900                            | 11,3                           | 0,250               | 0,050                     |
| 03 Luftschicht ruhend                 | 27,00     | 1                              | 0,3                            | -                   | 0,160                     |
| 04 Beton armiert                      | 16,00     | 2300                           | 368,0                          | 2,500               | 0,064                     |
| 05 PE-Folie                           | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 06 Trittschall-Dämmplatte             | 5,00      | -                              | -                              | 0,040               | 1,250                     |
| 07 Zementestrich                      | 4,00      | 2000                           | 80,0                           | 1,400               | 0,029                     |
| 08 Epoxidharzbeschichtung             | 0,03      | 1200                           | 0,4                            | -                   | -                         |
| $R_{se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| d = 53,30      G = 460,1 $R_T = 1,75$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,571 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Decke zum nicht ausgebauten Dachraum. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

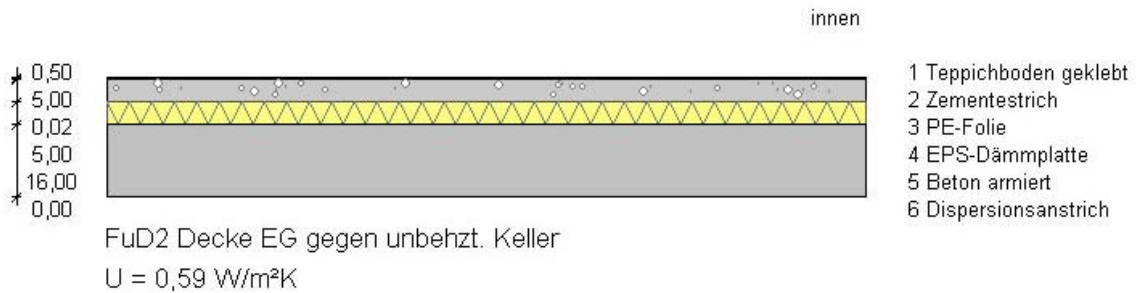
R 1,55 ≥ 0,90 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuD2 Decke EG gegen unbehzt. Keller



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Teppichboden geklebt | 0,50      | 200                            | 1,0                            | –                   | –                         |
| 02 Zementestrich        | 5,00      | 2000                           | 100,0                          | 1,400               | 0,036                     |
| 03 PE-Folie             | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | –                   | –                         |
| 04 EPS-Dämmplatte       | 5,00      | –                              | –                              | 0,040               | 1,250                     |
| 05 Beton armiert        | 16,00     | 2300                           | 368,0                          | 2,500               | 0,064                     |
| 06 Dispersionsanstrich  | –         | 1550                           | –                              | –                   | –                         |
| $R_{se}$                |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
|                         | d = 26,52 | G = 469,2                      |                                | $R_T = 1,69$        |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,592 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wohnungstrenndecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

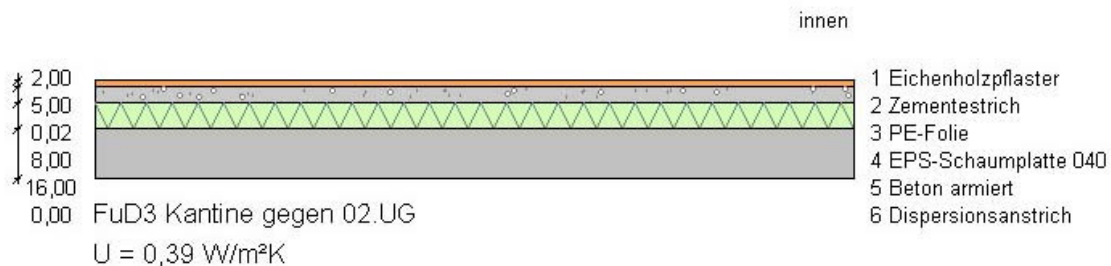
R 1,35  $\geq$  0,35 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen



## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuD3 Kantine gegen 02.UG



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | [kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|---------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |         |                     | 0,170        |
| 01 Eichenholzpfaster                  | 2,00      | 800               | 16,0    | 0,200               | 0,100        |
| 02 Zementestrich                      | 5,00      | 2000              | 100,0   | 1,400               | 0,036        |
| 03 PE-Folie                           | 0,02      | 1000              | 0,2     | -                   | -            |
| 04 EPS-Schaumplatte 040               | 8,00      | 30                | 2,4     | 0,040               | 2,000        |
| 05 Beton armiert                      | 16,00     | 2300              | 368,0   | 2,500               | 0,064        |
| 06 Dispersionsanstrich                | -         | 1550              | -       | -                   | -            |
| $R_{se}$                              |           |                   |         |                     | 0,170        |
| d = 31,02      G = 486,6 $R_T = 2,54$ |           |                   |         |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,394 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wohnungstrenndecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

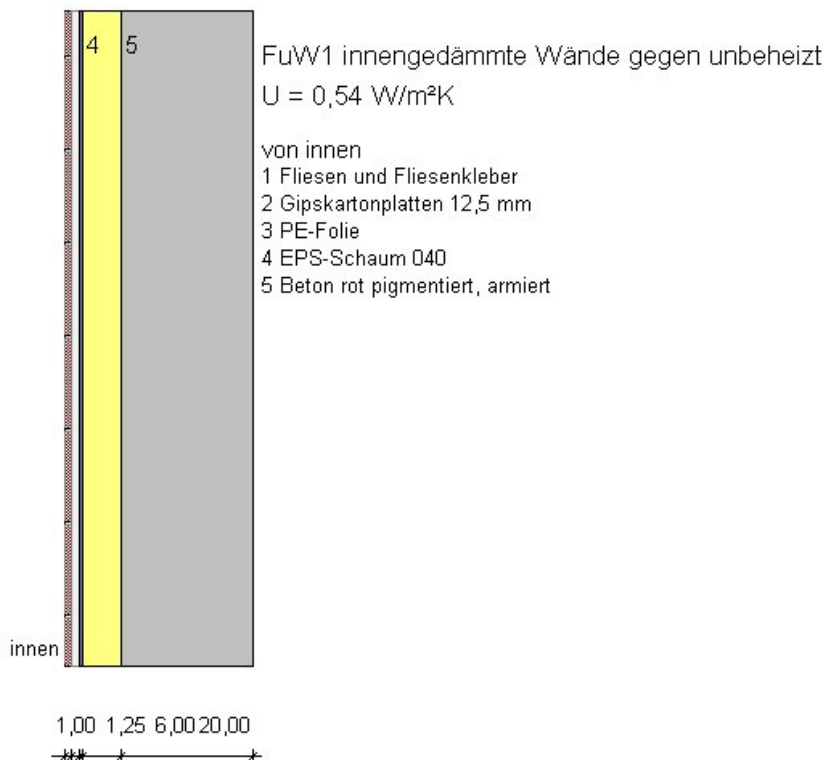
R                      2,20      ≥      0,35                      [m²K/W]      erfüllt      die      Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuW1 innengedämmte Wände gegen unbeheizt



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                          |           |                   |                     | 0,130        |
| 01 Fliesen und Fliesenkleber      | 1,00      | 2000              | 20,0                | -            |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm      | 1,25      | 900               | 11,3                | -            |
| 03 PE-Folie                       | 0,02      | 1000              | 0,2                 | -            |
| 04 EPS-Schaum 040                 | 6,00      | 25                | 1,5                 | 0,040        |
| 05 Beton rot pigmentiert, armiert | 20,00     | 2300              | 460,0               | 2,500        |
| $R_{se}$                          |           |                   |                     | 0,130        |
| d = 28,27                         |           |                   |                     |              |
| G = 493,0                         |           |                   |                     |              |
| R <sub>T</sub> = 1,84             |           |                   |                     |              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,543 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10$  °C, frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

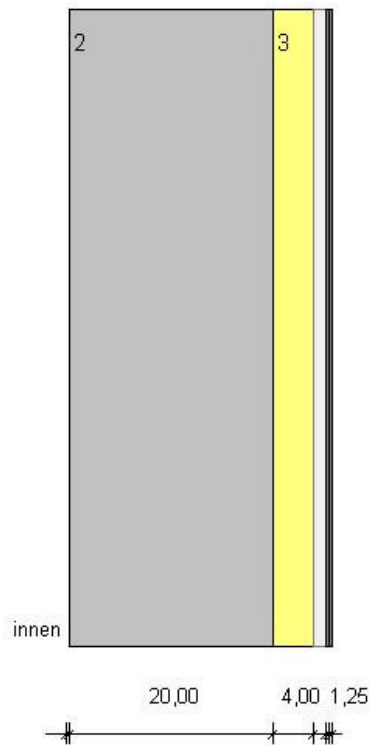
R 1,58 ≥ 0,25 [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuW1 innengedämmte Wände gegen unbeheizt



FuW1 innengedämmte Wände gegen unbeheizt  
 $U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Dispersionstrich  
2 Beton armiert  
3 EPS-Schaum 040  
4 Gipskartonplatten 12,5 mm  
5 Raufaser-Tapete  
6 Dispersionstrich

Bauteiltyp "Treppenraumwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                     |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionstrich          | -         | 1550                           | -                              | -                   | -                         |
| 02 Beton armiert             | 20,00     | 2300                           | 460,0                          | 2,500               | 0,080                     |
| 03 EPS-Schaum 040            | 4,00      | 25                             | 1,0                            | 0,040               | 1,000                     |
| 04 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25      | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |
| 05 Raufaser-Tapete           | -         | -                              | -                              | -                   | -                         |
| 06 Dispersionstrich          | -         | 1550                           | -                              | -                   | -                         |
| $R_{se}$                     |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| $d = 25,25$                  |           |                                |                                |                     |                           |
| $G = 472,3$                  |           |                                |                                |                     |                           |
| $R_T = 1,34$                 |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,746 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

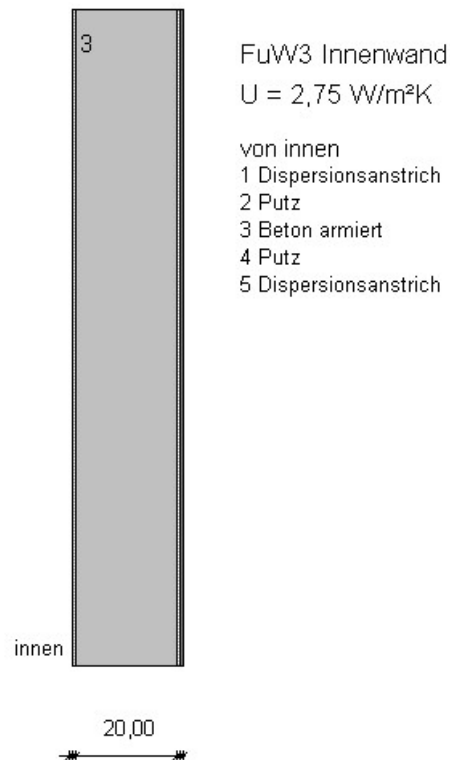
Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R  $1,08 \geq 0,25$  [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: Züblinhaus – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht:“ Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuW3 Innenwand



Bauteiltyp "Treppenraumwand" mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

#### Querschnitt

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |         |      |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|---------|------|
| $R_{si}$               |           |                                |                     | 0,130                     |         |      |
| 01 Dispersionsanstrich | –         | 1550                           | –                   | –                         |         |      |
| 02 Putz                | 0,75      | 1800                           | 0,870               | 0,009                     |         |      |
| 03 Beton armiert       | 20,00     | 2300                           | 2,300               | 0,087                     |         |      |
| 04 Putz                | 0,75      | 1800                           | 0,870               | 0,009                     |         |      |
| 05 Dispersionsanstrich | –         | 1550                           | –                   | –                         |         |      |
| $R_{se}$               |           |                                |                     | 0,130                     |         |      |
| $d =$                  |           | 21,50                          | $G =$               | 487,0                     | $R_T =$ | 0,36 |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 2,746 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ °C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 0,10 < 0,25 [m<sup>2</sup>K/W] nicht zulässig

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**GEBÄUDETYP: Verwaltungsgebäude**

|  | Nr.                   | Bauteil  | Beton/<br>MW <sup>1)</sup>  | Beton-<br>stahl <sup>2)</sup> | Bewehrungs-<br>grad in % |   |
|--|-----------------------|--|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|---|
| <b>Dach</b>                            | <b>FD1</b>            | Flachdach Terrasse über 03./05.OG                                  | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FD2</b>            | Galerie über 05.OG Innenhof  | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FD3</b>            | Steildach über 06.OG Technik-Raum                                  | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>FDF4</b>           | Glasdach/Glas-Giebelwand Halle                                     | -                           | -                             | -                        |   |
| <b>Fenster<br/>und<br/>Türen</b>       | <b>FF1</b>            | Fenster Fassade Holz   | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>FF2</b>            | Fenster Fassade Aluminium  | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>FF3</b>            | Sonnenschutzelemente   | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>Türen1</b>         | Türen mit Drahtglasfüllung<br>Innenhof/Treppenhäuser und Bürotüren | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>Türen2</b>         | Stahltüren 01.-02.UG   | -                           | -                             | -                        |   |
| <b>Opake<br/>Bauteile</b>              | <b>AW1</b>            | Außenwand zweischalig Brüstung unter<br>Fensterband                | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,0</b>               |   |
|  | <b>AW2</b>            | Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude                           | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,0</b>               |   |
|  | <b>AW3</b>            | Pfeiler Innendämmung   | <b>C45/55</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>4,0</b>               |   |
|  | <b>AW4</b>            | Besprechungstürme innen gedämmt                                    | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>0,6</b>               |   |
|  | <b>AW5</b>            | Paneel Innenhof  |                             |                               |                          |   |
| <b>Bauteile<br/>gegen<br/>Erdreich</b> | <b>AWE1</b>           | Außenwand gegen Erdreich   | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>0,6</b>               |   |
|  | <b>AWE2</b>           | Außenwand gegen Erdreich gedämmt                                   | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>0,6</b>               |   |
|  | <b>BoPI1</b>          | Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage                              | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,0</b>               |   |
|  | <b>BoPI2</b>          | Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt                                 | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,0</b>               |   |
| <b>Innenbauteile</b>                   | <b>FuD1</b>           | Decke über 06.OG gegen Technikdach                                 | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>2,3</b>               |   |
|  | <b>FuD2</b>           | Decke EG gegen unbhzt. Keller                                      | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FuD3</b>           | Boden Kantine gegen 02.UG  | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FuD4</b>           | Innendecke mit Teppichboden  | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FuD5</b>           | Innendecke Tiefgarage mit Rampe                                    | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FuD6</b>           | Verbindungsstege Block A-B   | <b>C45/55</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,3-2,0</b>           |   |
|  | <b>FuD7</b>           | Boden Innenhof gegen Tiefgarage                                    | <sup>3)</sup>               | <b>BSt 420</b>                | <b>1,2</b>               |   |
|  | <b>FuW1</b>           | Wand gegen unbeheizt Innendämmung                                  | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>0,6</b>               |   |
|  | <b>FuW2</b>           | Innenwand  | <b>C30/37</b>               | <b>BSt 420</b>                | <b>0,6</b>               |   |
|  | <b>FuW3</b>           | leichte Trennwände Gipskarton W112                                 | -                           | -                             | -                        |   |
|  | <b>Beton1</b>         | Betonfertigteile   | <sup>4)</sup>               | <sup>4)</sup>                 | <sup>4)</sup>            |   |
|  | <b>Stahl-<br/>Bau</b> | <b>SA1</b>   | Schlosserarbeiten/ Stahlbau | -                             | -                        | - |

Bewehrungsgrade z.T. gemittelt

- 1) Beton: Druckfestigkeitsklasse; MW: Steinart
- 2) Betonstahl Angabe Streckgrenze, z.B. BSt 500
- 3) Betondecke aus zwei Komponenten:  
5cm Filigrandecke C35/45  
11cm Ortbeton C30/37
- 4) siehe Liste

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

| Nr | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                                     | Mengen  | Einheit | Bemerkungen  |
|----|---------------|--|---------|---------|--|
| 1  | <b>FD1</b>    | Flachdach Terrassen<br>über 03./05. OG                   | 703,78  | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37       |
| 2  | <b>FD2</b>    | Galerie über 05.OG<br>Innenhof                           | 256,21  | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37       |
| 3  | <b>FD3</b>    | Steildach über 06.OG<br>Technik-Raum                     | 897,84  | m2      | ohne Haften  |
| 4  | <b>FDF4</b>   | Glasdach/ Giebelwand<br>Halle                            | 3495,83 | m2      | Türelemente wurden übermessen  |
| 5  | <b>FF1</b>    | Fenster Fassade Holz                                     | 3571,66 | m2      |  |
| 6  | <b>FF2</b>    | Fenster Fassade<br>Aluminium                             | 342,33  | m2      | davon mit Isolierglas: 73,5 m <sup>2</sup><br>davon mit Drahtglas: 268,83m <sup>2</sup>    |
| 7  | <b>FF3</b>    | Sonnenschutzelemente                                     | 2708,93 | m2      |  |
| 8  | <b>Türen1</b> | Türen mit<br>Drahtglasfüllung;<br>Innenhof und Bürotüren | 1347,88 | m2      | davon Türen aus Stahl: 114,48m <sup>2</sup><br>davon Türen auf Holz: 1233,40m <sup>2</sup> |
| 9  | <b>Türen2</b> | Stahltüren 01.-02.UG                                     | 309,96  | m2      |  |
| 10 | <b>AW1</b>    | Außenwand zweischalig<br>Brüstung unter<br>Fensterband   | 2355,86 | m2      |  |
| 11 | <b>AW2</b>    | Außenwand zweischalig<br>Stirnseite Gebäude              | 641,45  | m2      |  |
| 12 | <b>AW3</b>    | Pfeiler Innendämmung                                     | 1701,96 | m2      |  |
| 13 | <b>AW4</b>    | Besprechungstürme<br>innen gedämmt                       | 82,98   | m2      |  |
| 14 | <b>AW5</b>    | Paneel Innenhof  | 232,60  | m2      |  |
| 15 | <b>AWE1</b>   | Außenwand gegen<br>Erdreich                              | 1136,99 | m2      |  |

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

|    |               |                                       |          |       |   |
|----|---------------|---------------------------------------|----------|-------|---|
| 16 | <b>AWE2</b>   | Außenwand gegen Erdreich gedämmt      | 591,81   | m2    |   |
| 17 | <b>BoPI1</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage | 2373,28  | m2    |   |
| 18 | <b>BoPI2</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt    | 2064,36  | m2    |   |
| 19 | <b>FuD1</b>   | Decke über 06.OG gegen Technikdach    | 1299,65  | m2    | Betondecke aus zwei Komponenten:5cm Filigrandecke C35/4511cm Ortbeton C30/37        |
| 20 | <b>FuD2</b>   | Decke EG gegen unbehzt. Keller        | 3739,56  | m2    | Betondecke aus zwei Komponenten: 5cm Filigrandecke C35/45 11cm Ortbeton C30/37      |
| 21 | <b>FuD3</b>   | Boden Kantine gegen 02.UG             | 600,01   | m2    | Betondecke aus zwei Komponenten: 5cm Filigrandecke C35/45 11cm Ortbeton C30/37      |
| 22 | <b>FuD4</b>   | Innendecke mit Teppichboden           | 10029,66 | m2    | Betondecke aus zwei Komponenten: 5cm Filigrandecke C35/45 11cm Ortbeton C30/37      |
| 23 | <b>FuD5</b>   | Innendecke Tiefgarage mit Rampe       | 1539,53  | m2    |   |
| 24 | <b>FuD6</b>   | Verbindungsstege Block A-B            | 530,30   | m2    |   |
| 25 | <b>FuD7</b>   | Boden Innenhof gegen Tiefgarage       | 1757,94  | m2    | Betondecke aus zwei Komponenten: 5cm Filigrandecke C35/45 11cm Ortbeton C30/37      |
| 26 | <b>FuW1</b>   | Wand gegen unbeheizt Innendämmung     | 516,89   | m2    |   |
| 27 | <b>FuW2</b>   | Innenwand massiv                      | 5446,63  | m2    | Kalksandsteinwände wurden wegen zu geringer Menge übermessen und hierzu dazugezählt |
| 28 | <b>FuW3</b>   | leichte Trennwand Gipskarton W112     | 13452,32 | m2    | Türen siehe Türen1  |
| 29 | <b>Beton1</b> | Betonfertigteile                      | 1,000    | Stück | Einzelheiten siehe BT-Katalog   |
| 30 | <b>SA1</b>    | Schlosserarbeiten/ Stahlbau           | 1,000    | Stück | Einzelheiten siehe BT-Katalog   |
| 31 |               |                                       |          |       |   |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Flächen:**

**NGF (mit Halle) : 24281,1 m<sup>2</sup>**

**NGF (ohne TG) : 20.841,0 m<sup>2</sup>**

**gekennzeichnete gefärbte Betonteile haben einen Anteil von mineralischen Pigmenten mit einer Masse von ca. 3% des durchschnittlichen Zementgehalts.**

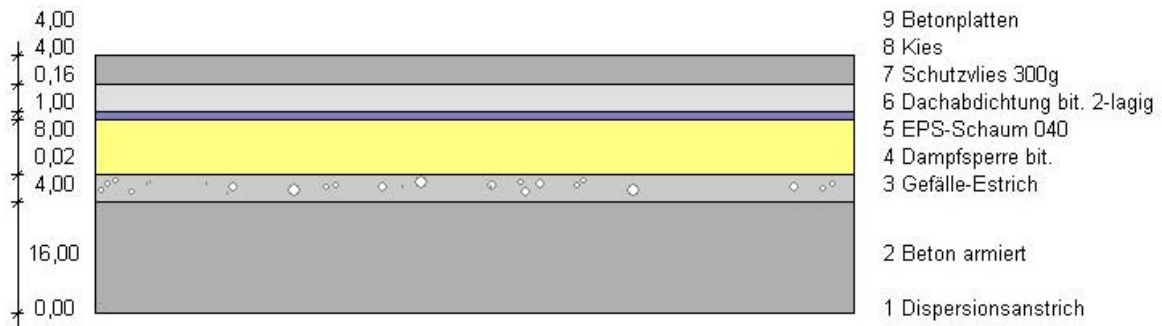


## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FD1 Flachdach Terrassen über 03./05.OG



FD1 Flachdach Terrassen über 03./05.OG

innen

$U = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

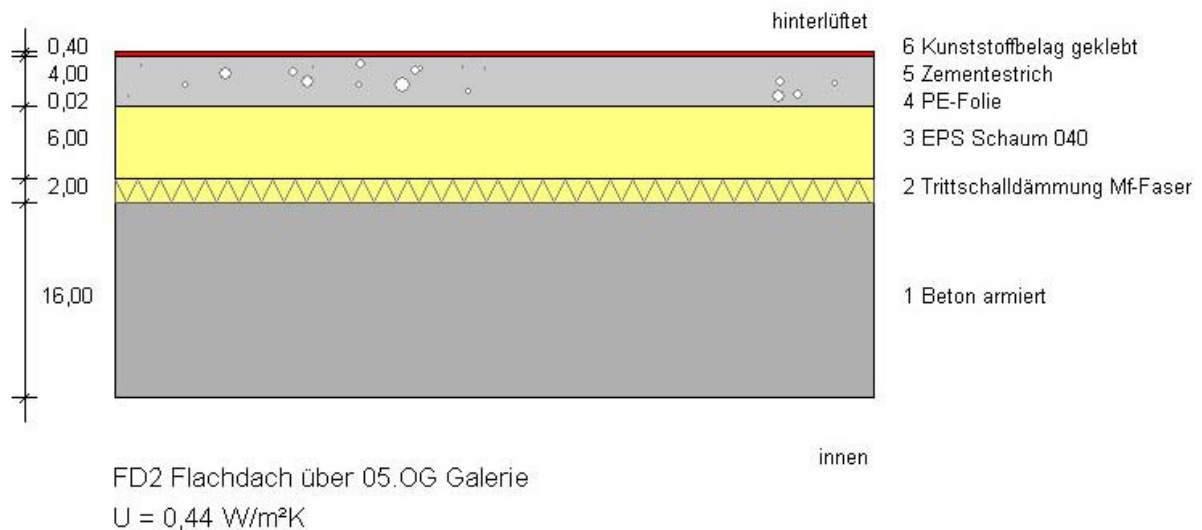
### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-----------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                          |           |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Dispersionsanstrich            | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Beton armiert C35/45 FT        | 5,00      | 2300                           | –                   | 0,064                     |
| 02a Beton armiert C30/37 Ortbeton | 11,00     | 2300                           | –                   | 0,064                     |
| 03 Gefälle-Estrich                | 4,00      | 2000                           | –                   | 0,029                     |
| 04 Dampfsperre bit.               | 0,50      | 1000                           | –                   | –                         |
| 05 EPS-Schaum 040                 | 8,00      | 25                             | 0,040               | 2,000                     |
| 06 Dachabdichtung bit. 2-lagig    | 1,00      | 1500                           | –                   | –                         |
| 07 Schutzvlies 300g               | 0,16      | 187                            | –                   | –                         |
| 08 Kies                           | 4,00      | 1800                           | –                   | –                         |
| 09 Betonplatten FT                | 4,00      | 2300                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                          |           |                                |                     | 0,040                     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FD2 Galerie über 05.OG Innenhof



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10$  m²K/W

### Querschnitt

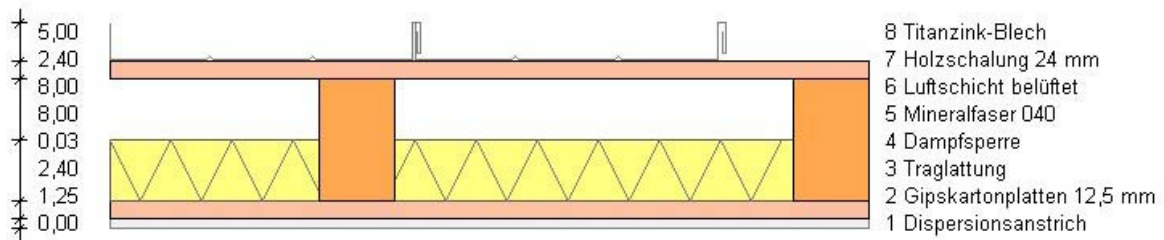
| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                          |           |                   |                     | 0,100        |
| 00 Diespersionsanstrich           | 0,02      | 1550              | –                   | –            |
| 01 Beton armiert C35/45 FT        | 5,00      | 2300              | –                   | 0,064        |
| 01a Beton armiert C30/37 Ortbeton | 11,00     | 2300              | –                   | 0,064        |
| 02 Trittschalldämmung MF-Faser    | 2,00      | 70                | –                   | 0,500        |
| 03 EPS Schaum 040                 | 6,00      | 25                | –                   | 1,500        |
| 04 PE-Folie                       | 0,02      | 1000              | –                   | –            |
| 05 Zementestrich                  | 4,00      | 2000              | –                   | 0,020        |
| 06 Kunststoffbelag PVC geklebt    | 0,40      | 1700              | –                   | 0,011        |
| $R_{se}$                          |           |                   |                     | 0,100        |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale



FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale

innen

$U = 0,53 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Querschnitt

| von innen                        | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                  |           |                                |                      |                     | 0,000                     |
| 01 Dispersionsanstrich           | 0,02      | 1550                           | –                    | –                   | –                         |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm     | 1,25      | 900                            | –                    | 0,250               | 0,050                     |
| 03 Traglattung                   | 2,40      | 450                            | –                    | –                   | –                         |
| 04 Dampfsperre PE                | 0,02      | 1000                           | –                    | –                   | –                         |
| 05 Mineralfaser 040              | 8,00      | 20                             | –                    | 0,040               | 2,000                     |
| 06 Luftschicht belüftet          | 8,00      | 1                              | –                    | –                   | –                         |
| 07 Holzschalung 24 mm            | 2,40      | 450                            | –                    | 0,130               | 0,185                     |
| 08 Trennschicht (Unterspannbahn) | 0,10      | 1000                           | –                    | –                   | –                         |
| 09 Titanzink-Blech               | 0,10      | 7200                           | –                    | –                   | –                         |
| R <sub>se</sub>                  |           |                                |                      |                     | 0,000                     |

### Rahmenbereich

| Rahmenbreite                     | Achsabstand | Flächenanteil                  | zusammengesetztes Bauteil |                     |                           |
|----------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 10,0 cm                          | 62,5 cm     | 16,0 %                         | 46,7 kg/m <sup>2</sup>    |                     |                           |
| Rahmenanteil von innen           | s<br>[cm]   | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ]      | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>                  |             |                                |                           |                     | 0,000                     |
| 01 Dispersionsanstrich           | 0,02        | 1550                           | –                         | –                   | –                         |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm     | 1,25        | 900                            | –                         | 0,250               | 0,050                     |
| 03 Traglattung                   | 2,40        | 450                            | –                         | –                   | –                         |
| 04 Dampfsperre PE                | 0,02        | 1000                           | –                         | –                   | –                         |
| 05 Sparren 10/16                 | 16,00       | 450                            | –                         | 0,130               | 1,231                     |
| 06 Holzschalung 24 mm            | 2,40        | 450                            | –                         | 0,130               | 0,185                     |
| 07 Trennschicht (Unterspannbahn) | 0,10        | 1000                           | –                         | –                   | –                         |
| 08 Titanzink-Blech               | 5,00        | 7200                           | –                         | –                   | –                         |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

R<sub>se</sub>

0,000

---

Hinweis zu Bauteil 03:

Lattung Nadelholz S10, Abmessung 24/48mm, Achsabstand 62,5 cm

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FDF4 Glasdach/ Giebelwand Halle

Beschreibung Fensterband:

|                                |                                       |  |
|--------------------------------|---------------------------------------|--|
| <b>Verglasung</b>              | Typ:                                  | Einfachverglasung VSG  |
|                                | Fabrikat:                             | -  |
|                                | Dicke:                                | 8 mm   |
|                                | Beschichtung:                         | -  |
|                                | Ug-Wert (W/m <sup>2</sup> K):         | -  |
| <b>Rahmen</b>                  | Material:                             | Pfosten-Riegel-Konstruktion Stahl verzinkt                                     |
|                                | Typ/Fabrikat:                         | Stahl-Hohlprofil 60x80mm, 4mm stark (8,231 kg/lfm)                             |
|                                | Rahmenanteil (in %)                   | <b>13,90 %</b>   |
|                                | Stahl:                                | <b>14,762 kg/ m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b>                                   |
|                                | Alu:                                  | -  |
| <b>Randverbund:</b>            | Material:                             | -  |
|                                | Material außen:                       | Aluminiumprofil-Dichtleiste 5x60mm mit Gummi-Unterlage (Aluminium 0,84 kg/lfm) |
|                                | Menge:                                | <b>1,507 kg/ m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b>                                    |
|                                | Material innen:                       | EPDM-Dichtung  |
|                                | Menge:                                | <b>0,158 kg/ m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b>                                    |
| <b>Regelraster:</b>            | 0,80m (Giebelwände)<br>0,80m (Dach)   |  |
| <b>Durchschnittliche Höhe:</b> | 1,50 m (Giebelwände)<br>2,38 m (Dach) |  |
| <b>Türelement:</b>             | - (übermessen)                        |  |

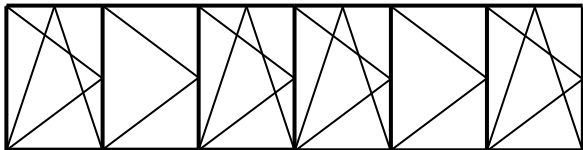
**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

Projekt Züblin-Haus  
 Bauteil: FF1 Fensterband Holz

Beschreibung Fensterband:

|                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>Verglasung</b>       | Typ: Zweischeiben-Isolierverglasung SSK2<br>Fabrikat: Isolar (gefordert nach LV)<br>Dicke: 4 mm Floatglasscheibe<br>12 mm Scheibenzwischenraum mit Gasfüllung<br>6 mm Floatglasscheibe<br>Beschichtung: -<br>Ug-Wert : 3,00 W/m²K (gefordert nach LV)          |
| <b>Rahmen</b>           | Material: Meranti Dark Red (trop. Hartholz)<br>Typ/Fabrikat: Thermopane (gefordert nach LV)<br>Rahmenanteil: 43,2 %<br>Holz: Profildicke 68 mm<br>Randverbund mit Glas: Silikonfuge 0,068 kg/m² Gesamtfläche<br>Flügeldichtung: EPDM 0,6555 kg/m² Gesamtfläche |
| <b>Beschichtung:</b>    | Material: offenporige Holzlasur Sikkens Cetol THB  |
| <b>Abdichtungsbahn:</b> | Material außen: Thiokol-Verfugung seitlich und oben,<br>Butylfolie unten<br>Menge: Thiokolverfugung 0,0748 kg/ m² Gesamtfläche<br>Butylfolie 0,0354 kg/ m² Gesamtfläche<br>Material innen: -<br>Menge: -   |

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <b>Regelraster:</b>            | ca. 6,66 m   |
| <b>Durchschnittliche Höhe:</b> | ca. 1,70 m   |
|                                |  |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FF2 Fensterband Aluminium (Haupteingang/ Treppenhaustürme unbeheizt)

Beschreibung Fensterband:

|                         |   | Treppenhaustürme<br>(unbeheizt)   | Haupteingang  |
|-------------------------|---|---|---|
| <b>Verglasung</b>       | Typ<br>(Festverglasung):<br><br>Fabrikat:<br><br>Dicke:<br><br>Beschichtung:<br><br>Ug-Wert (W/m <sup>2</sup> K): | Drahtglas klar<br><br>-<br><br>7 mm<br><br>-<br><br>-   | Zweischeiben-Isolierglas<br><br>Isolar (gef. nach LV)<br><br>6 mm ESG<br>12 mm SZR<br>4 mm Floatglasscheibe<br><br>-<br><br>3,00 W/m <sup>2</sup> K                       |
| <b>Rahmen</b>           | Material:<br><br>Typ/Fabrikat:<br><br>Rahmenanteil (%):<br><br>Alu:<br><br>Stahlkern/Füllung:<br>(in Pfosten)     | Aluminiumprofil<br><br>Hueck<br>System VF70<br><br>17,4 %<br><br>Hohlkammerprofile<br>5,53 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche<br><br>Füllung PU-Schaum<br>- kg/m <sup>2</sup> | Aluminiumprofil<br><br>Hueck<br>System B 90 J<br><br>23 %<br><br>Hohlkammerprofile<br>5,53 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche<br><br>Füllung PU-Schaum<br>- kg/m <sup>2</sup> |
| <b>Beschichtung:</b>    | Material:   | Pulverbeschichtung  | Pulverbeschichtung  |
| <b>Randverbund</b>      | Material  | Buthyl<br>1,14 m/m <sup>2</sup> Gesamtfläche  | Buthyl<br>1,14 m/m <sup>2</sup>   |
| <b>Abdichtungsbahn:</b> | Material außen:<br>Menge:<br>Material innen:<br>Menge:  | Thiokol<br>3,65 m/m <sup>2</sup> Gesamtfläche<br>Thiokol<br>3,65 m/m <sup>2</sup> Gesamtfläche  | Buthylfolie/Thiokol<br><br>Buthylfolie/Thiokol  |

|                         |            |                                      |
|-------------------------|------------|--------------------------------------|
| <b>Zusammenfassung:</b> | Aluminium: | 5,530 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche |
|                         | Buthyl:    | 0,219 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche |
|                         | Thiokol:   | 0,621 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

|  |  |
|--|--|
|  | EPDM: <b>0,066</b> kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche<br>Aufteilung der Verglasung nach Anteil der jeweiligen Tür zur Gesamtfläche |
|--|--|



## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
 Bauteil: FF3 Sonnenschutz

Beschreibung : Rollscreen-Anlage mit Seilführung und Kurbel

| Materialbeschreibung | Fabrikat:  | Rolladenbau Bocklet (eigene Herstellung)   |
|----------------------|--|--|
|                      | Oberschiene:<br>Unterschiene (Fallstab):<br>Rollo-Stoff: | Aluminium-Welle<br>strangepreßtes Aluminium mit Endkappen<br>transparenter Glasfaser-Gitterstoff   |
|                      | Stegbänder:<br>Aufzugsbänder:<br>Windsicherung:          | -<br>-<br>Stahlseil V2A 3,5mm stark  |
|                      | Antrieb:<br>Bedienung:                                   | Aluminium-Gelenkkurbelgestänge<br>manuell  |
| Behanghöhe:          |  | ca. 1,70 m   |
| Behangfläche:        |  | siehe FF1 Holzfenster  |
| Gewicht:             |  | (bezogen auf den m <sup>2</sup> Fensterfläche)<br>Haltewinkel Stahl 3,442 kg/m <sup>2</sup><br>Fallstab (Alu): 1,471 kg/m <sup>2</sup><br>Aluminium-Winkelblende: 0,527 kg/m <sup>2</sup><br>Aluminium-Welle 0,393 kg/m <sup>2</sup><br>Glasfaser-Gitterstoff: 0,600 kg/m <sup>2</sup><br>Stahlseil V2A: 0,135 kg/m <sup>2</sup><br>Aluminium-Kurbel+Kleinteile: 0,300 kg/m <sup>2</sup> |

|                 |                        |  |
|-----------------|------------------------|--|
| Zusammenfassung | Aluminium:             | <b>2,691 kg/m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b> |
|                 | Stahl:                 | <b>3,442 kg/m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b> |
|                 | Edelstahl:             | <b>0,135 kg/m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b> |
|                 | Glasfaser-Gitterstoff: | <b>0,600 kg/m<sup>2</sup> Gesamtfläche</b> |

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: Türen1 Türen mit Drahtglasfüllung

Beschreibung Türen:

|                         |  | Stahltüren<br>Verbindungsstege Halle/<br>Treppenhaus | Holztüren Büro                     |
|-------------------------|--|--|------------------------------------|
| <b>Verglasung</b>       | Typ:   | Drahtglas klar (m. seitl.<br>Festverglasung)         | Drahtglas Ornament<br>(blickdicht) |
|                         | Fabrikat:  | -  | -                                  |
|                         | Dicke:   | 7mm (einfach)  | 7mm (einfach)                      |
|                         | Beschichtung:  | -  | -                                  |
|                         | Ug-Wert (W/m²K)  | -  | -                                  |
| <b>Rahmen</b>           | Material:  | Stahlprofil (41mm)                                   | Holz massiv (39mm)                 |
|                         | Typ/Fabrikat:  | -  | -                                  |
|                         | Rahmenanteil (in %)                                    | 35,0 %   | 47,9 %                             |
|                         | Stahl  | <b>6,717</b> kg/m² Gesamtfläche                      | -                                  |
|                         | Stahlkern:<br>(in Pfosten)                             | Füllung PU-Schaum<br><b>0,016</b> m³/m² Gesamtfläche | -                                  |
| <b>Türdichtungen:</b>   | Material:  | - EPDM umlaufend, <b>0,123</b> kg/m²                 |                                    |
| <b>Abdichtungsbahn:</b> | Material außen:<br>Menge:<br>Material innen:<br>Menge: | -  | -                                  |

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Züblin-Haus  
 Bauteil: Türen2 Stahltüren in den Untergeschossen

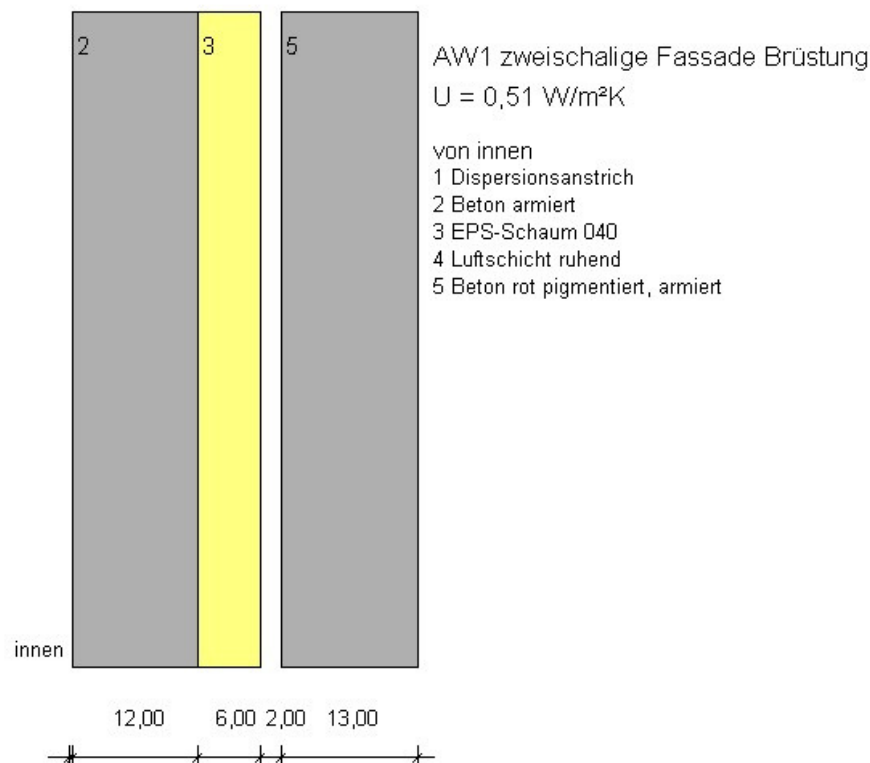
Beschreibung Türen:

|                                |                              |   |
|--------------------------------|------------------------------|---|
| <b>Türblatt</b>                | Typ:                         | F30 – F90 Türen aus Stahl-Vollblatt   |
|                                | Fabrikat:                    | Novoferm-Riexinger  |
|                                | Dicke:                       | Gesamtdicke 63,0mm  |
|                                | Blechstärke:                 | 2x 1,0mm  |
|                                | Füllung:                     | Mineralfaser-Dämmplatte<br>Stärke 60,0mm  |
|                                | Beschichtung:                | Verzinkung - Pulverbeschichtung   |
|                                | Ug-Wert (W/m <sup>2</sup> K) | -   |
| <b>Rahmen</b>                  | Material:                    | Blockzarge Stahl  |
| <b>Randverbund:</b>            | Material:                    | umlaufende Türdichtungen aus EPDM<br>0,127 kg/m <sup>2</sup> Gesamtfläche (gemittelt) |
| <b>Abdichtung:</b>             | Material:                    | Vermörtelung (Brandschutztüren)   |
| <b>Regelraster:</b>            | -                            |   |
| <b>Durchschnittliche Höhe:</b> | -                            |   |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: AW1 zweischalige Fassade Brüstung



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

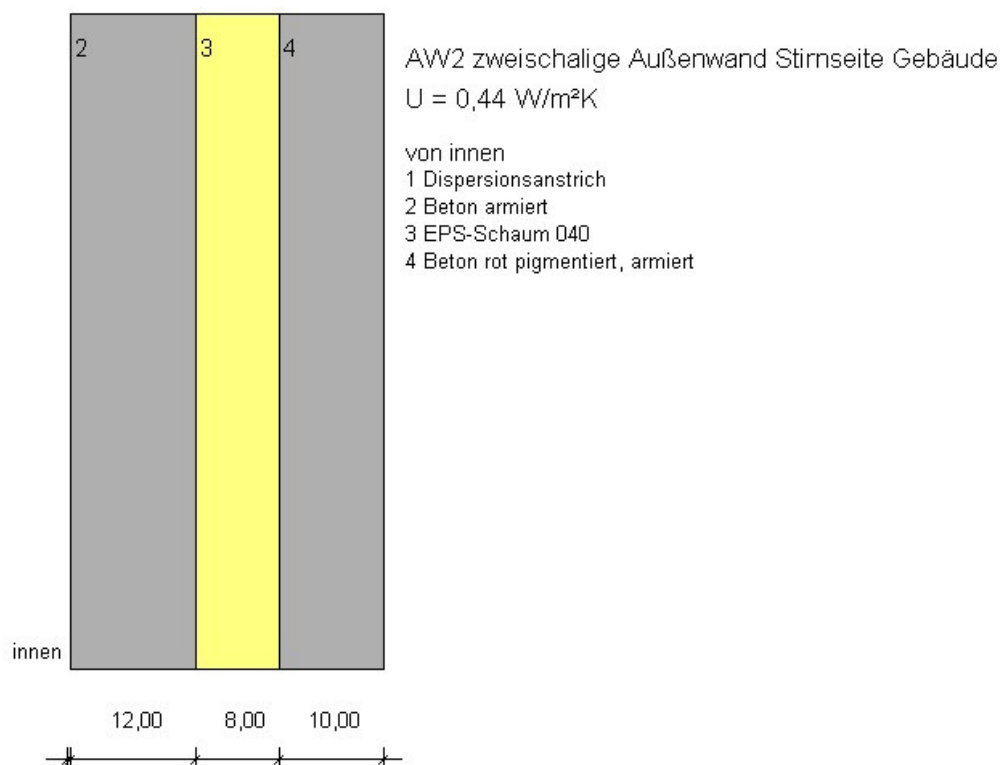
| von innen                            | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|---|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                           |   |             | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich               | 0,02      | 1550                      | - | -           | -                         |
| 02 Beton armiert                     | 12,00     | 2300                      | - | 2,500       | 0,048                     |
| 03 EPS-Schaum 040                    | 6,00      | 25                        | - | 0,040       | 1,500                     |
| 04 Luftschicht ruhend                | 1,00      | 1                         | - | -           | -                         |
| 05 Beton rot pigmentiert, armiert FT | 13,00     | 2300                      | - | 2,300       | 0,057                     |
| $R_{se}$                             |           |                           |   |             | 0,040                     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW2 zweischalige Außenwand Stirnseite Gebäude



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

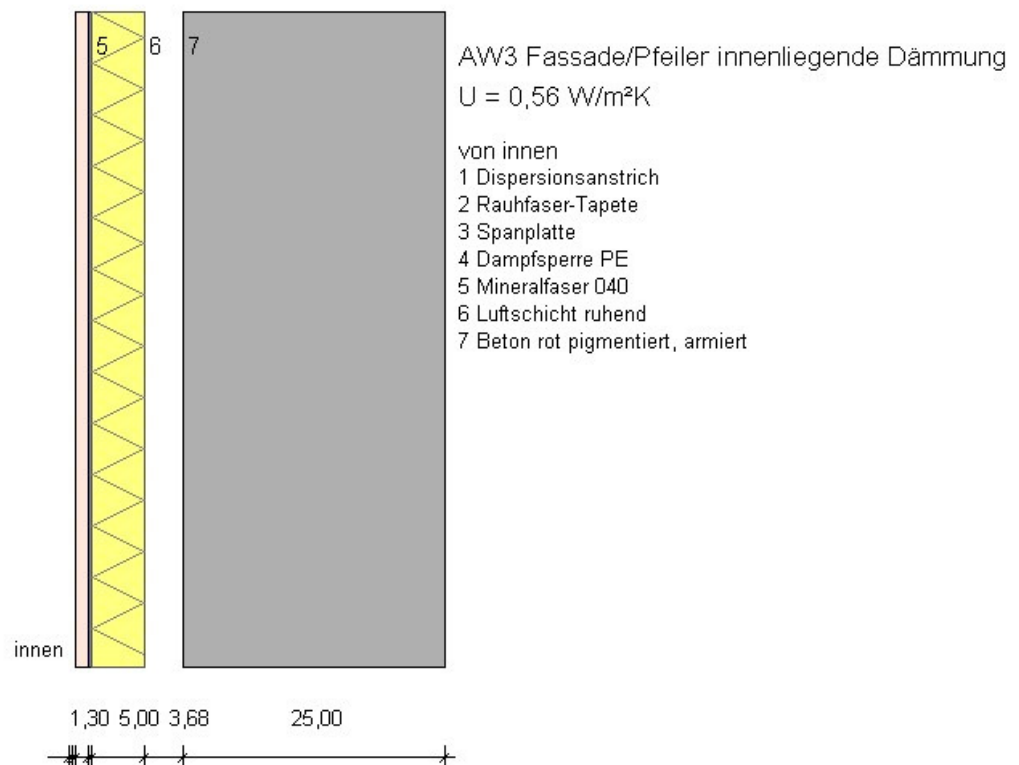
| von innen                            | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                           |                      |             | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich               | 0,02      | 1550                      | –                    | –           | –                         |
| 02 Beton armiert                     | 12,00     | 2300                      | –                    | 2,500       | 0,048                     |
| 03 EPS-Schaum 040                    | 8,00      | 25                        | –                    | 0,040       | 2,000                     |
| 04 Beton rot pigmentiert, armiert FT | 10,00     | 2300                      | –                    | 2,300       | 0,043                     |
| $R_{se}$                             |           |                           |                      |             | 0,040                     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW3 Fassade/Pfeiler innenliegende Dämmung



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich               | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Rohfaser-Tapete                   | 0,10      | 1200                           | –                   | –                         |
| 03 Spanplatte                        | 1,30      | 600                            | 0,140               | 0,093                     |
| 04 Dampfsperre PE                    | 0,02      | 1000                           | –                   | –                         |
| 05 Mineralfaser 040                  | 5,00      | 20                             | 0,040               | 1,250                     |
| 06 Luftschicht ruhend                | 3,68      | 1                              | –                   | –                         |
| 07 Beton rot pigmentiert, armiert FT | 25,00     | 2300                           | 2,300               | 0,109                     |
| $R_{se}$                             |           |                                |                     | 0,040                     |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

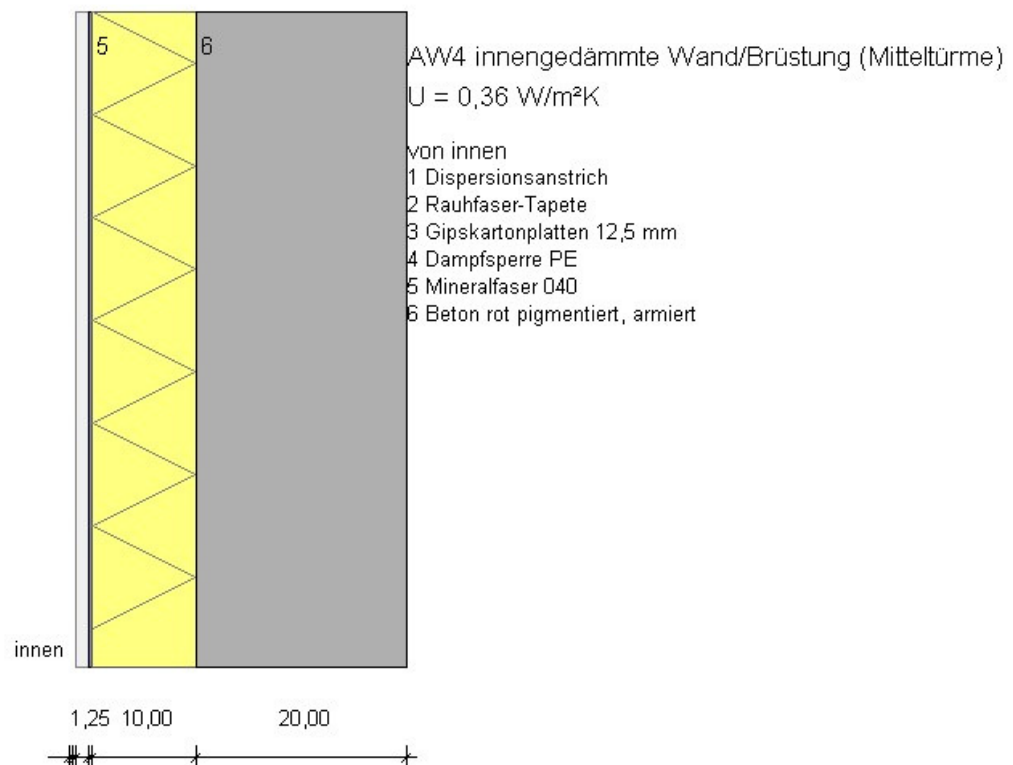
---

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW4 innengedämmte Wand/Brüstung (Mitteltürme)



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                            | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|---------------------------|---|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                           |   |             | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich               | 0,02      | 1550                      | - | -           | -                         |
| 02 Rohfaser-Tapete                   | 0,10      | 1200                      | - | -           | -                         |
| 03 Gipskartonplatten 12,5 mm         | 1,25      | 900                       | - | 0,250       | 0,050                     |
| 04 Dampfsperre PE                    | 0,02      | 1000                      | - | -           | -                         |
| 05 Mineralfaser 040                  | 10,00     | 20                        | - | 0,040       | 2,500                     |
| 06 Beton rot pigmentiert, armiert FT | 20,00     | 2300                      | - | 2,300       | 0,087                     |
| $R_{se}$                             |           |                           |   |             | 0,040                     |

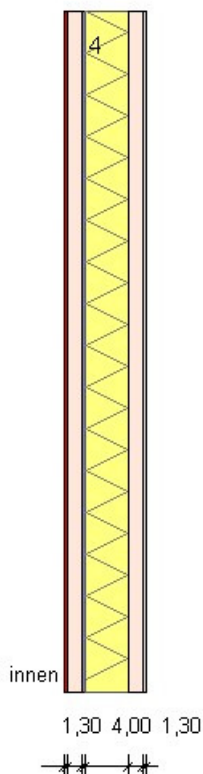


## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW5 Fenster Paneel Innenhof/ unbeheizte Halle



AW5 Fenster Paneel Innenhof/ unbeheizte Halle

$U = 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

- 1 Anstrich/ Lasur
- 2 Spanplatte furniert
- 3 Dampfsperre PE
- 4 Mineralfaser 040
- 5 Spanplatte furniert
- 6 Anstrich/ Lasur

Bauteiltyp "Wohnungstrennwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| 00 Grundierung         | 0,01      | 1650                           | -                              | -                   | -                         |
| 01 Anstrich/ Lasur     | 0,01      | 1650                           | -                              | -                   | -                         |
| 02 Spanplatte furniert | 1,30      | 600                            | -                              | 0,140               | 0,093                     |
| 03 Dampfsperre PE      | 0,02      | 1000                           | -                              | -                   | -                         |
| 04 Mineralfaser 040    | 4,00      | 20                             | -                              | 0,040               | 1,000                     |
| 05 Spanplatte furniert | 1,30      | 600                            | -                              | 0,140               | 0,093                     |
| 06 Anstrich/ Lasur     | 0,01      | 1650                           | -                              | -                   | -                         |
| 07 Grundierung         | 0,01      | 1650                           | -                              | -                   | -                         |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

R<sub>se</sub>

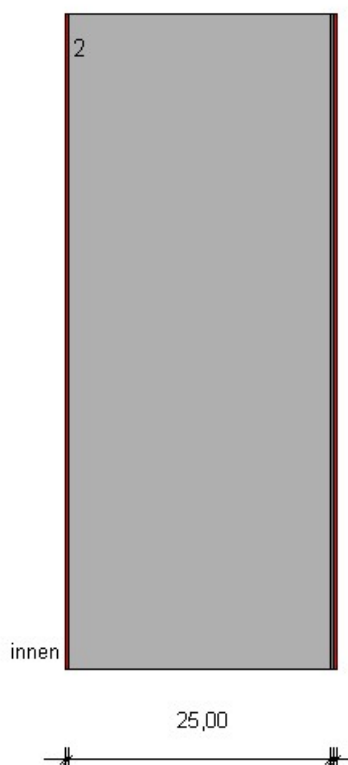
0,130

---

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: AWE1 Außenwand gegen Erdreich



AWE1 Außenwand gegen Erdreich  
 $U = 4,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Dispersionsanstrich  
2 Beton armiert  
3 Bitumenbeschichtung  
4 Dränmatte

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

#### Querschnitt

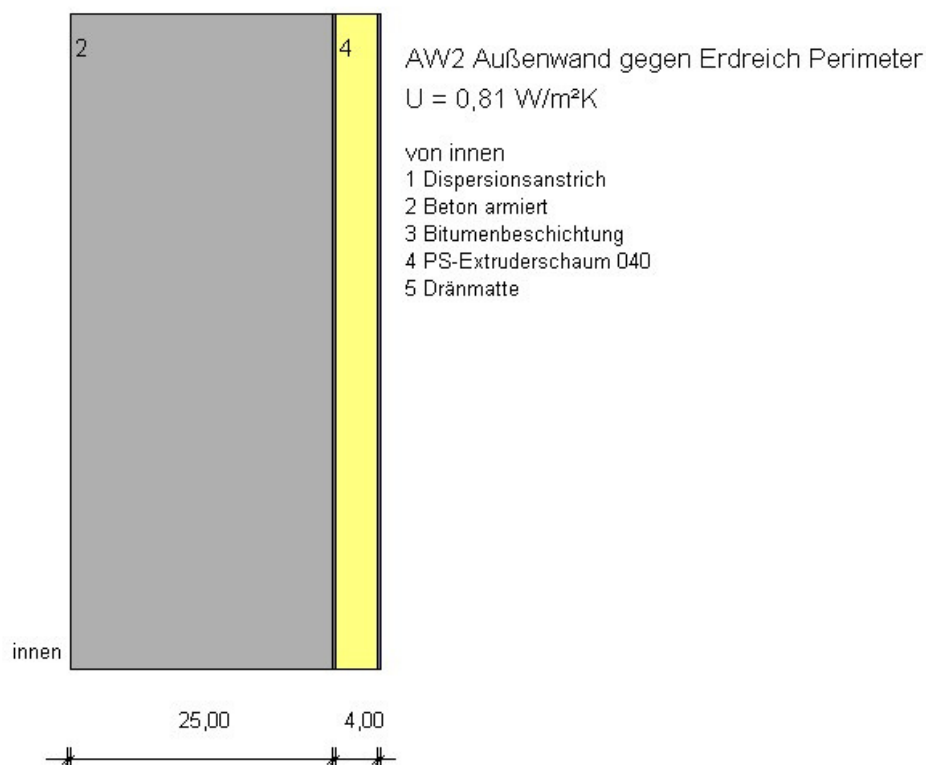
| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Beton armiert       | 25,00     | 2300                           | –                   | 0,100                     |
| 03 Bitumenbeschichtung | 0,50      | 1100                           | –                   | 0,002                     |
| 04 Dränmatte           | 0,50      | 1500                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$               |           |                                |                     | 0,000                     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: AW2 Außenwand gegen Erdreich Perimeter



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

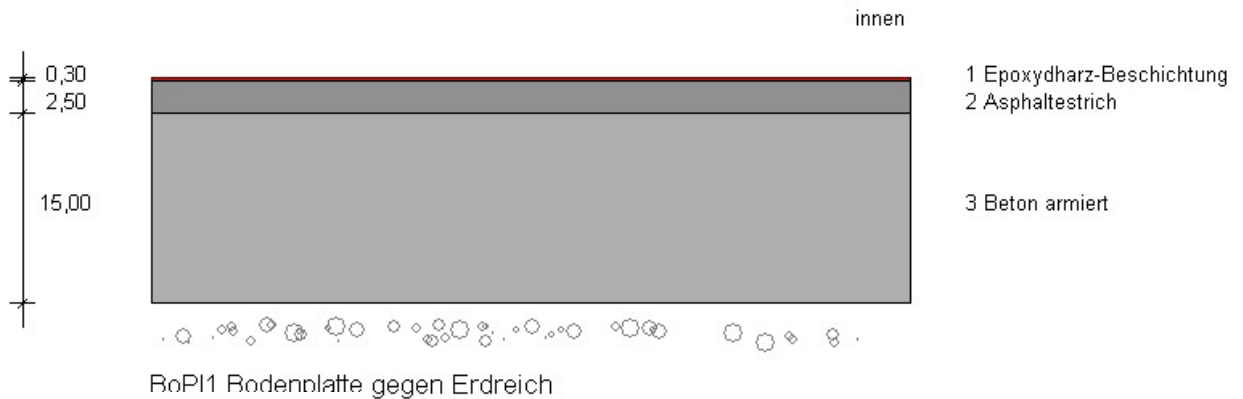
### Querschnitt

| von innen                | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m³] | [kg/m²] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|--------------------------|-----------|--------------|---------|-------------|--------------|
| $R_{si}$                 |           |              |         |             | 0,130        |
| 01 Dispersionsanstrich   | 0,02      | 1550         | –       | –           | –            |
| 02 Beton armiert         | 25,00     | 2300         | –       | 2,500       | 0,100        |
| 03 Bitumenbeschichtung   | 0,50      | 1100         | –       | 0,170       | 0,006        |
| 04 PS-Extruderschaum 040 | 4,00      | 25           | –       | 0,040       | 1,000        |
| 05 Dränmatte             | 0,50      | 1500         | –       | –           | –            |
| $R_{se}$                 |           |              |         |             | 0,000        |

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
*Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Züblin-Haus  
**Bauteil:** BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich/ Tiefgarage



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

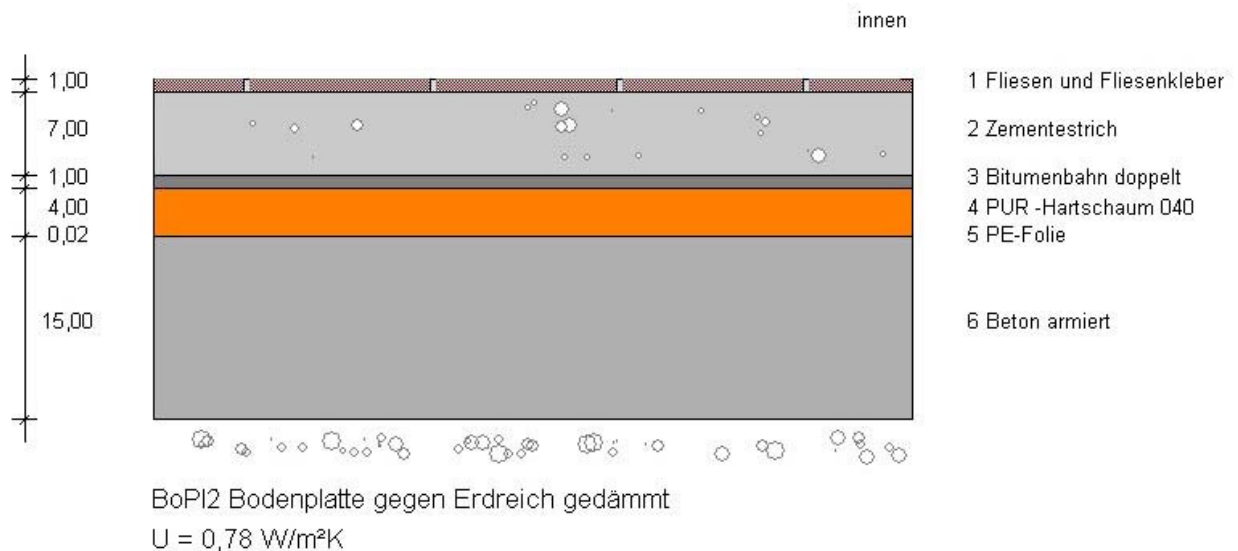
| von innen                   | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                    |           |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Epoxydharz-Beschichtung  | 0,30      | 1200                           | –                   | –                         |
| 02 Asphaltestrich/Secuphalt | 2,50      | 2300                           | 1,150               | 0,022                     |
| 03 Beton armiert            | 15,00     | 2300                           | 2,500               | 0,060                     |
| $R_{se}$                    |           |                                |                     | 0,000                     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

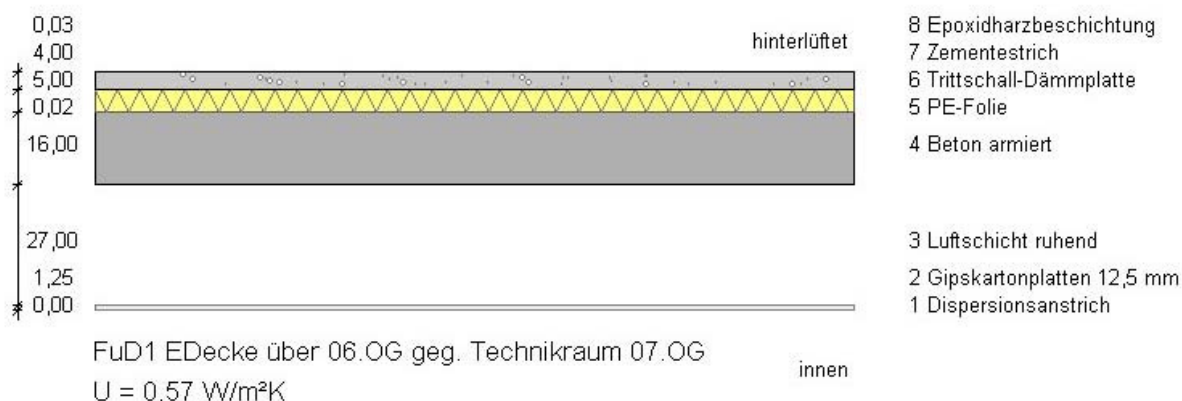
| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                     |           |                   |                     | 0,170        |
| 01 Fliesen und Fliesenkleber | 1,00      | 2000              | –                   | –            |
| 02 Zementestrich             | 7,00      | 2000              | 1,400               | 0,050        |
| 03 Bitumenbahn doppelt       | 1,00      | 1200              | –                   | –            |
| 04 PUR -Hartschaum 040       | 4,00      | 30                | 0,040               | 1,000        |
| 05 PE-Folie                  | 0,02      | 1000              | –                   | –            |
| 06 Beton armiert             | 15,00     | 2300              | 2,500               | 0,060        |
| $R_{se}$                     |           |                   |                     | 0,000        |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuD1 EDecke über 06.OG geg. Technikraum 07.OG



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10$  m²K/W

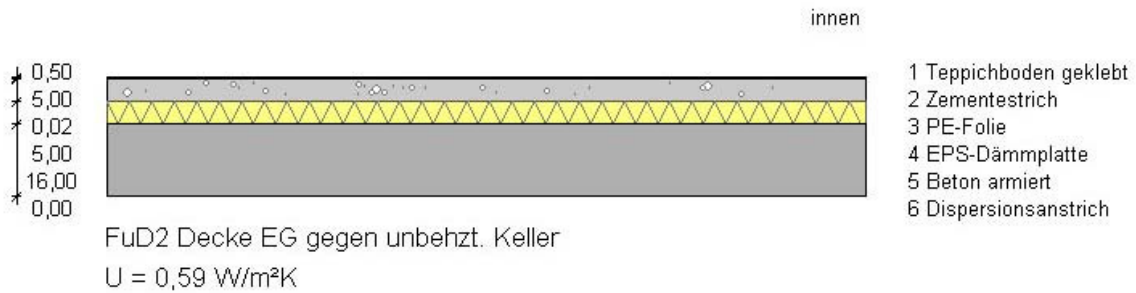
### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                          |           |                   |                   |                     | 0,100        |
| 01 Dispersionsanstrich            | 0,02      | 1550              | –                 | –                   | –            |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm      | 1,25      | 900               | –                 | 0,250               | 0,050        |
| 03 Luftschicht ruhend             | 27,00     | 1                 | –                 | –                   | 0,160        |
| 04 Beton armiert C35/45 FT        | 5,00      | 2300              | –                 | 2,500               | 0,064        |
| 04a Beton armiert C30/37 Ortbeton | 11,00     | 2300              | –                 | 2,500               | 0,064        |
| 05 PE-Folie                       | 0,02      | 1000              | –                 | –                   | –            |
| 06 EPS-Dämmplatte                 | 5,00      | 25                | –                 | 0,040               | 1,250        |
| 07 Zementestrich                  | 4,00      | 2000              | –                 | 1,400               | 0,029        |
| 08 Epoxidharzbeschichtung         | 0,03      | 1200              | –                 | –                   | –            |
| $R_{se}$                          |           |                   |                   |                     | 0,100        |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuD2 Decke EG gegen unbehzt. Keller



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m²K/W

### Querschnitt

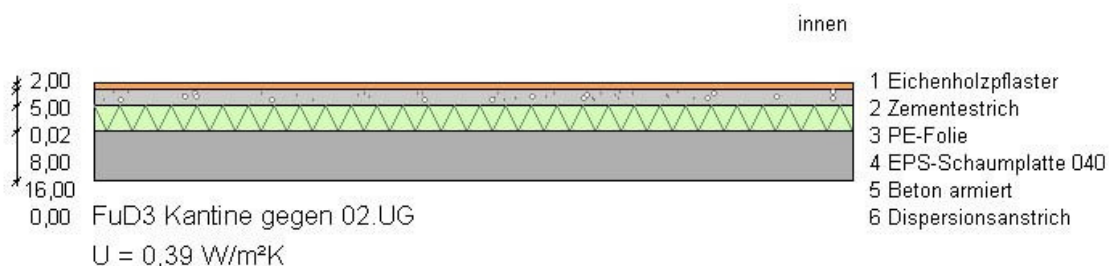
| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|---------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                              |           |                   |                   |                     | 0,170        |
| 01 Teppichboden Verlours Textilrücken | 0,50      | 340               | -                 | -                   | -            |
| 01a Teppichkleber                     | 0,10      | 1300              | -                 | -                   | -            |
| 02 Zementestrich                      | 5,00      | 2000              | -                 | 1,400               | 0,036        |
| 03 PE-Folie                           | 0,02      | 1000              | -                 | -                   | -            |
| 04 EPS-Dämmplatte                     | 5,00      | 25                | -                 | 0,040               | 1,250        |
| 05 Beton armiert C35/45 FT            | 5,00      | 2300              | -                 | 2,500               | 0,064        |
| 05a Beton armiert C30/37 Ortbeton     | 11,00     | 2300              | -                 | 2,500               | 0,064        |
| 06 Dispersionsanstrich                | 0,02      | 1550              | -                 | -                   | -            |
| $R_{se}$                              |           |                   |                   |                     | 0,170        |



## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuD3 Kantine gegen 02.UG



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                         | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                          |           |                   |                     | 0,170        |
| 00a Parkettlack                   | 0,04      | 1200              | –                   | –            |
| 00b Parkettlack Grundierung       | 0,02      | 1200              | –                   | –            |
| 01 Eichenholzpfaster              | 2,00      | 800               | 0,200               | 0,100        |
| 02 Zementestrich                  | 5,00      | 2000              | 1,400               | 0,036        |
| 03 PE-Folie                       | 0,02      | 1000              | –                   | –            |
| 04 EPS-Schaumplatte 040           | 8,00      | 25                | 0,040               | 2,000        |
| 05 Beton armiert C35/45 FT        | 5,00      | 2300              | 2,500               | 0,064        |
| 05a Beton armiert C30/37 Ortbeton | 11,00     | 2300              | –                   | –            |
| 06 Dispersionsanstrich            | 0,02      | 1550              | –                   | –            |
| $R_{se}$                          |           |                   |                     | 0,170        |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuD4 Innendecke mit Teppichboden (Regelgeschoss)



FuD4 Innendecke mit Teppichboden (Regelgeschoss)

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke"

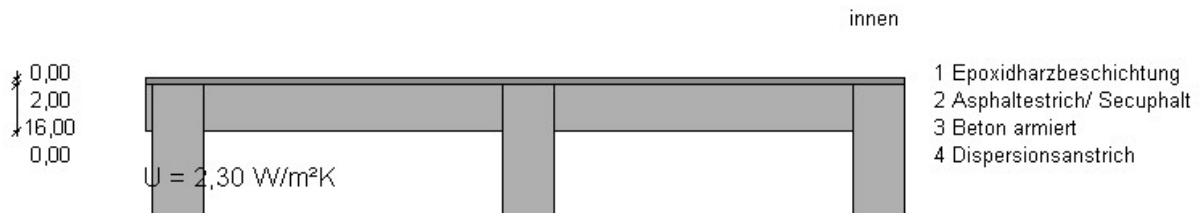
### Querschnitt

|                                      | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                      |           |                                |                                |                     | –                         |
| 01 Teppichboden Velours Textilrücken | 0,50      | 340                            | –                              | 0,060               | –                         |
| 02 Teppichkleber                     | 0,10      | 1300                           | –                              | –                   | –                         |
| 03 Zementestrich Verbund             | 4,00      | 2000                           | –                              | 1,400               | –                         |
| 02 Beton armiert C35/45 FT           | 5,00      | 2300                           | –                              | 2,500               | –                         |
| 02a Beton armiert C30/37 Ortbeton    | 11,00     | 2300                           | –                              | –                   | –                         |
| 05 Dispersionsanstrich               | 0,02      | 1550                           | –                              | 1,000               | –                         |
| R <sub>se</sub>                      |           |                                |                                |                     | –                         |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuD5 Innendecke Tiefgarage 01.UG



Bauteiltyp "Trenndecke"

### Querschnitt

|                              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>              |           |                                |                      |                     | -                         |
| 01 Epoxidharzbeschichtung    | 0,30      | 1200                           | -                    | -                   | -                         |
| 02 Asphaltestrich/ Secuphalt | 2,00      | 2300                           | -                    | 0,900               | -                         |
| 03 Beton armiert FT          | 16,00     | 2300                           | -                    | 2,500               | -                         |
| 04 Dispersionsanstrich       | 0,02      | 1550                           | -                    | 1,000               | -                         |
| R <sub>se</sub>              |           |                                |                      |                     | -                         |

### Rahmenbereich

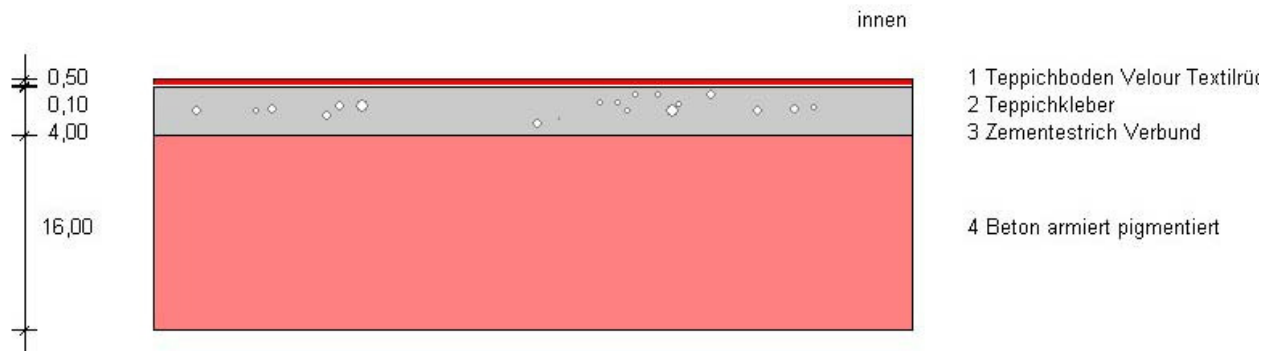
| Rahmenbreite                 | Achsabstand | Flächenanteil                  | zusammengesetztes Bauteil |                     |                           |
|------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 17,5 cm                      | 120,0 cm    | 14,6 %                         | 511,3 kg/m <sup>2</sup>   |                     |                           |
| Rahmenanteil                 | s<br>[cm]   | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ]      | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>              |             |                                |                           |                     | -                         |
| 01 Epoxidharzbeschichtung    | 0,3         | 1200                           | -                         | -                   | -                         |
| 02 Asphaltestrich/ Secuphalt | 2,00        | 2300                           | -                         | 0,900               | -                         |
| 03 Beton armiert FT          | 45,00       | 2300                           | -                         | 2,500               | -                         |
| 04 Dispersionsanstrich       | 0,02        | 1550                           | -                         | 1,000               | -                         |
| R <sub>se</sub>              |             |                                |                           |                     | -                         |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuD6 Verbindungsstege Halle mit Teppichboden



FuD6 Verbindungsstege Halle mit Teppichboden

Bauteiltyp "Innenbauteil"

### Querschnitt

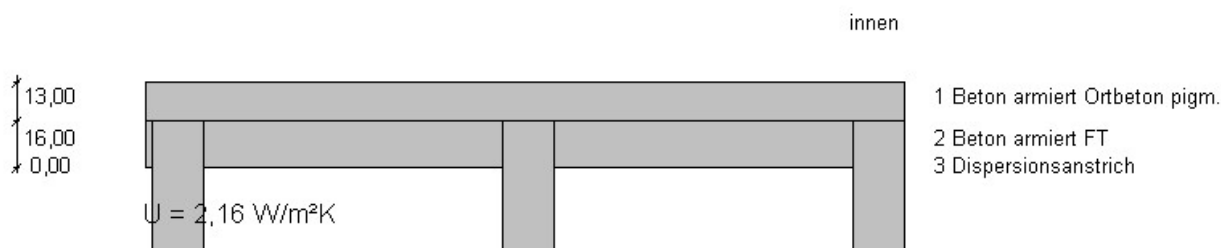
| von innen                            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                      |           |                                |                                |                     | –                         |
| 01 Teppichboden Velour Textiltrücken | 0,50      | 340                            | –                              | 0,060               | –                         |
| 02 Teppichkleber                     | 0,10      | 1300                           | –                              | –                   | –                         |
| 03 Zementestrich Verbund             | 4,00      | 2000                           | –                              | 1,400               | –                         |
| 04 Beton armiert pigmentiert FT      | 16,00     | 2300                           | –                              | 2,500               | –                         |
| R <sub>se</sub>                      |           |                                |                                |                     | –                         |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage



Bauteiltyp "Trenndecke"

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                 |           |                                |                      |                     | -                         |
| 01 Beton armiert Ortbeton pigm. | 13,00     | 2300                           | -                    | 2,500               | -                         |
| 02 Beton armiert FT             | 16,00     | 2300                           | -                    | 2,500               | -                         |
| 03 Dispersionsanstrich          | 0,02      | 1550                           | -                    | 1,000               | -                         |
| R <sub>se</sub>                 |           |                                |                      |                     | -                         |

### Rahmenbereich

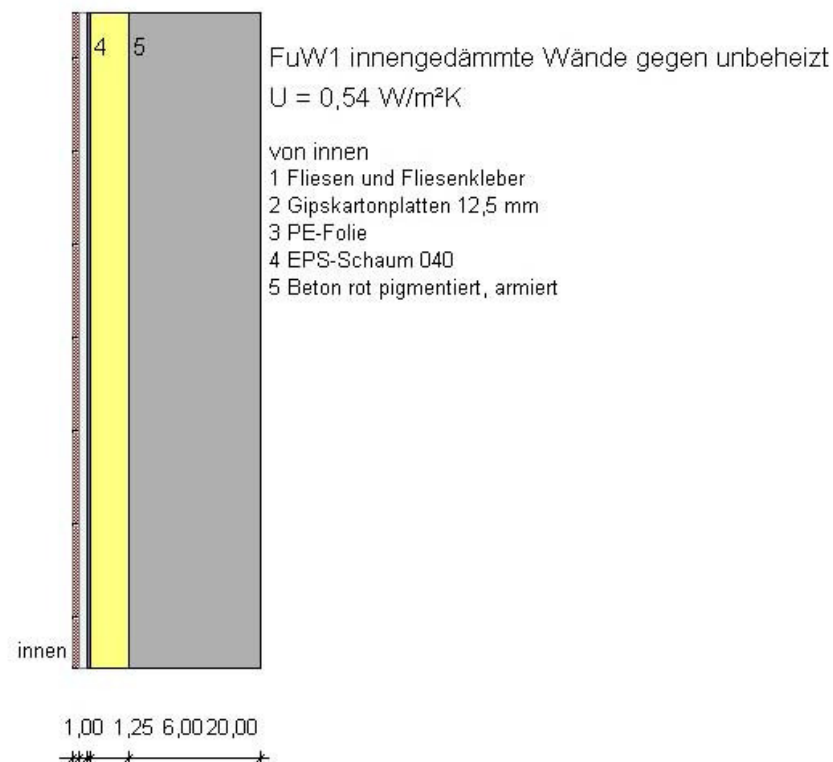
| Rahmenbreite                    | Achsabstand | Flächenanteil                  | zusammengesetztes Bauteil |                     |                           |
|---------------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 17,5 cm                         | 120,0 cm    | 14,6 %                         | 764,3 kg/m <sup>2</sup>   |                     |                           |
| Rahmenanteil von innen          | s<br>[cm]   | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ]      | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>                 |             |                                |                           |                     | -                         |
| 01 Beton armiert Ortbeton pigm. | 13,00       | 2300                           | -                         | 2,500               | -                         |
| 02 Beton armiert FT             | 45,00       | 2300                           | -                         | 2,500               | -                         |
| 03 Dispersionsanstrich          | 0,02        | 1550                           | -                         | 1,000               | -                         |
| R <sub>se</sub>                 |             |                                |                           |                     | -                         |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus

Bauteil: FuW1 innengedämmte Wände gegen unbeheizt



Bauteiltyp "Wohnungstrennwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$  m²K/W

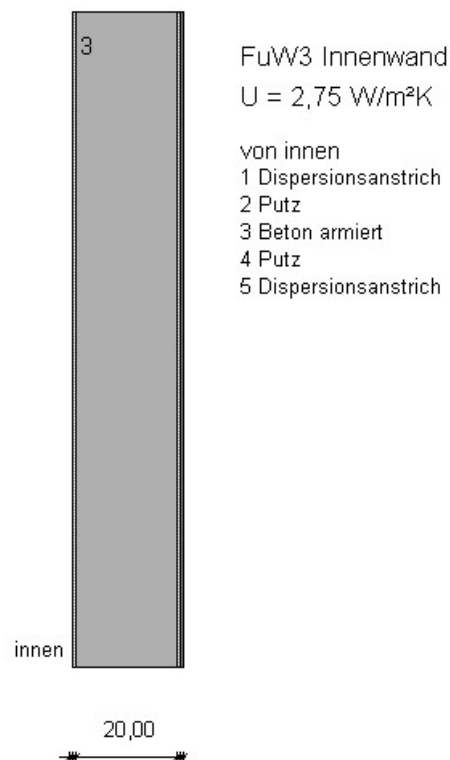
### Querschnitt

| von innen                            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|--------------------------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                             |           |                   |                   |                     | 0,130        |
| 01 Fliesen und Fliesenkleber         | 1,00      | 2000              | –                 | –                   | –            |
| 02 Gipskartonplatten 12,5 mm grün    | 1,25      | 900               | –                 | –                   | –            |
| 03 PE-Folie                          | 0,02      | 1000              | –                 | –                   | –            |
| 04 EPS-Schaum 040                    | 6,00      | 25                | –                 | 0,040               | 1,500        |
| 05 Beton rot pigmentiert, armiert FT | 20,00     | 2300              | –                 | 2,500               | 0,080        |
| $R_{se}$                             |           |                   |                   |                     | 0,130        |

## Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin-Haus  
Bauteil: FuW2 Innenwand



FuW3 Innenwand  
 $U = 2,75 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Dispersionsanstrich  
2 Putz  
3 Beton armiert  
4 Putz  
5 Dispersionsanstrich

Bauteiltyp "Treppenraumwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsanstrich | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Putz                | 0,75      | 1800                           | 0,870               | 0,009                     |
| 03 Beton armiert       | 20,00     | 2300                           | 2,300               | 0,087                     |
| 04 Putz                | 0,75      | 1800                           | 0,870               | 0,009                     |
| 05 Dispersionsanstrich | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$               |           |                                |                     | 0,130                     |

**Anlage 2:** *Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Züblin-Haus  
Bauteil: FuW3 leichte Trennwände W112 (Regelgeschoss)

Beschreibung :

|                |  |
|----------------|--|
| <b>Typ:</b>    | <b>Knauf W112</b>  |
| <b>Aufbau:</b> | <b>Dispersionsanstrich<br/>2x12,5 GK-Platten<br/>CW Profil 50<br/>40mm Mineralwolle,22kg/cbm<br/>2x12,5 GK Platten<br/>Dispersionsanstrich</b> |
| <b>Türen:</b>  | siehe Türen1   |



**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt Züblin-Haus  
 Bauteil: Beton1 (restliche Fertigteile)

Beschreibung

| Bauteil                        | Menge             | Beton                         | Betonstahl     | Bewehrungsgrad |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| -                              | [m <sup>3</sup> ] | [Druckfestigkeits-<br>klasse] | [Streckgrenze] | [%]            |
| Fertigteiltreppen              | 52,28             | C35/45                        | BSt 420        | 1,5            |
| Pflanztröge                    | 21,82             | C30/37                        | BSt 420        | 0,6            |
| Turmkappen                     | 115,40            | C30/37                        | BSt 420        | 2,3            |
| Blockstufen                    | 12,13             | C30/37                        | BSt 420        | 0,5            |
| Fundamente                     | 1828,24           | C30/37                        | BSt 420        | 0,7            |
| Dreigelenkrahmen<br>Hallendach | 69,70             | C45/55                        | BSt 420        | 3,8            |
| Mitteltürme Halle              | 41,68             | C35/45                        | BSt 420        | 1,5            |

**Anlage 2: Züblinhaus – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Gewerk: Schlosserarbeiten**

| Beschreibung                 | Bauteilnr. | Bauteilaufgliederung  | Menge         | Einheit        | Querschnitt       | Volumen V         | Rohdichte | Gewicht Stahl | Gewicht Edel-Stahl |
|------------------------------|------------|-----------------------|---------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|--------------------|
|                              |            |                       |               |                | in m <sup>2</sup> | in m <sup>3</sup> | kg/cbm    | in kg         | in kg              |
| <b>Schlosserarbeiten</b>     |            |                       |               |                |                   |                   |           |               |                    |
| <b>Geländer</b>              |            |                       |               |                |                   |                   |           |               |                    |
| Stege                        |            | Geländerlänge ges.    | <b>775,34</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 9330,000      |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 350,49        | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Treppe                       |            | Geländerlänge ges.    | <b>141,28</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 2040,000      |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 84,78         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Treppe Innenturm             |            | Geländerlänge ges.    | <b>147,60</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 2130,000      |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 88,57         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Handlauf Innenturm           |            | Handlauflänge ges.    | <b>128,19</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 420,000       |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 12,05         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Terrassengeländer & Brüstung |            | Geländerlänge ges.    | <b>325,68</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 1640,000      |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 74,89         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| <b>Stahlbau</b>              |            |                       |               |                |                   |                   |           |               |                    |
| HAE 240                      |            | Trägerlänge ges.      | <b>608,99</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 36720,000     |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 864,77        | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Winkelstahl 80x8             |            | Trägerlänge ges.      | <b>87,41</b>  | <b>m</b>       |                   |                   |           | 840,000       |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 27,96         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| Flachstahl                   |            | Trägerlänge ges.      | <b>202,77</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           | 500,000       |                    |
|                              |            | Abwicklung Verzinkung | 109,98        | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
|                              |            |                       |               |                |                   |                   | Σ         | 53620         |                    |

Gewicht Σ  
= 53620 kg

**Anlage 1** „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108  
 zu Bericht: Kapitel 3.2

**GEBÄUDETYP: Nichtwohngebäude/ Bürogebäude**

**Bauteile:**

|                                   | Nr.   | Bauteil  |
|-----------------------------------|---|--|
| <b>Dach</b>                       | <b>FD1</b>  | Flachdach  |
| <b>Fenster</b>                    | <b>FF1</b>  | Fenster  |
| <b>Opake Bauteile</b>             | <b>AW1</b>  | Außenwand: Brüstungen  |
| <b>Opake Bauteile - Rest</b>      |   |  |
| <b>Decken gegen AL nach unten</b> | <b>ADL1</b><br><b>ADL2</b>  | Decke gegen Außenluft nach unten<br>Decke über Tiefgarage  |
| <b>Bauteile gegen Erdreich</b>    | <b>BoPI</b><br><b>AWE</b>   | Bodenplatte<br>Außenwand gegen Erdreich  |
| <b>Trenn. Bauteile</b>            | <b>FuD1</b><br><b>FuW1</b><br><b>FuD2</b><br><b>FuW2</b><br><b>FuW3</b> | Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus<br>Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus<br>Decke gegen Lager 1. UG<br>Wand gegen Lager 1. UG ged.<br>Wand gegen Lager 1. UG unged. |

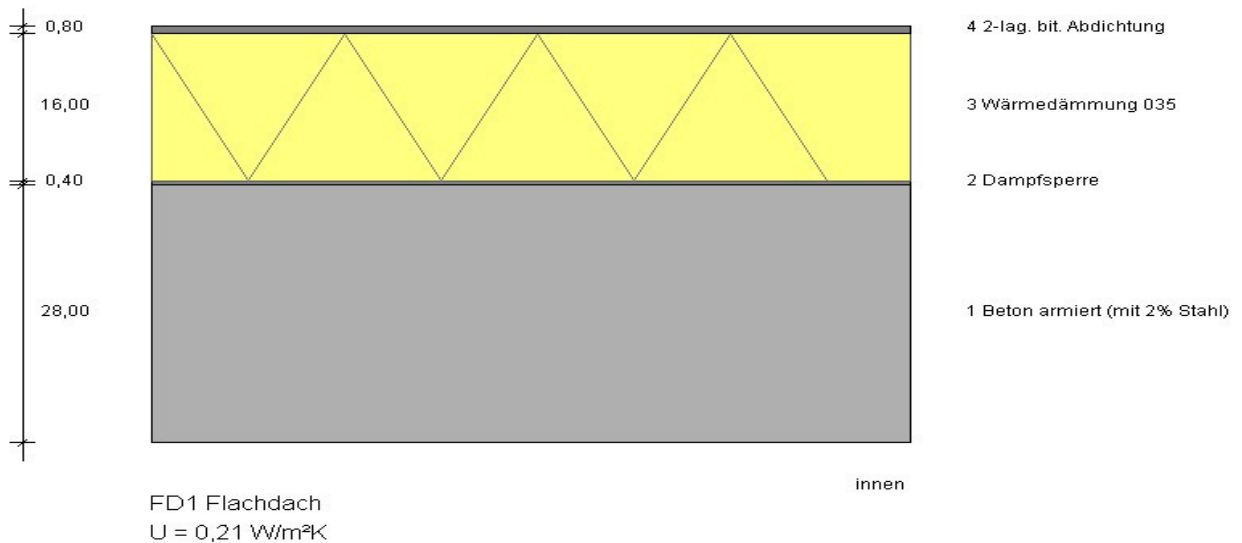
**Generell gilt:**

Die Angaben in den Bauteildatenblättern beziehen sich auf die wärmeschutz- und feuchteschutztechnischen Anforderungen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit für die Ausführung.

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Z-Zwo  
Bauteil: FD1 Flachdach



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |      |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,10                      |      |
| 01 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 28,000    | 2400                           | 672,0                          | 2,500               | 0,112                     |      |
| 02 Dampfsperre                  | 0,400     | -                              | 4,8                            | 0,170               | 0,024                     |      |
| 03 Wärmedämmung 035             | 16,000    | 30                             | 4,8                            | 0,035               | 4,571                     |      |
| 04 2-lag. bit. Abdichtung       | 0,800     | 1250                           | 10,0                           | -                   | -                         |      |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,04                      |      |
| $d =$                           |           | 45,200                         | $G =$                          | 691,6               | $R_T =$                   | 4,85 |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,206 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

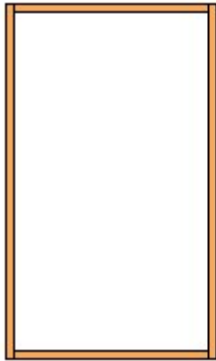
Flachdach. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      4,71 ≥ 1,20    [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Z-Zwo  
Bauteil: FF1 Fenster



Bauteiltyp "Fenster"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Verglasung + Rahmen

Isolierverglasung 4-15-4, Argonfüllung, beschichtet,  $se \leq 0,05$ , Utg1.2  
Metallrahmen, thermisch getrennt, Metallschalenabstand 8 mm (EN ISO 10077-1 D.4), Uf 3.55

Fenster DIN V 4108-4:2004 Tab.8 VORNORM

---

Tabellenwert  $U_w = 2,10$  W/m<sup>2</sup>K  $U_{w,BW} = 2,10$  W/m<sup>2</sup>K  $g = 60$  %

U-Wert des Fensters mit Zweischeiben-Isolierverglasung nach Tab.8, DIN V 4108-4:2004  
mit  $U_f = 3,55$  W/m<sup>2</sup>K,  $U_{f,BW} = 3,40$  W/m<sup>2</sup>K (Tab.9) und  $U_g = 1,20$  W/m<sup>2</sup>K

Indizes:  $U_w = U_{\text{Fenster}}$   $U_f = U_{\text{Rahmen}}$   $U_g = U_{\text{Verglasung}}$  BW = Bemessungswert

Einzelnachweis für die Verglasung  $U_{g,BW} = U_g = 1,20$  W/m<sup>2</sup>K  
Bemessungswert der Verglasung im Fall von Ersatz und Erneuerung, DIN V 4108-4:2004, 5.3

Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 10077-1:2000

---

Verbundfenster  $U_g$  1,2  $U_f$  3,55  $\Psi_g$  0,06 (6,9 m)  $U_w = 1,60$  (1,6) W/m<sup>2</sup>K

$A_{\text{glas}} = 2,77$  m<sup>2</sup> (89%),  $A_{\text{frame}} = 0,36$  m<sup>2</sup>,  $A_w = 3,13$  m<sup>2</sup>,  $U_{\text{Innverglasung}} = 5,80$  W/m<sup>2</sup>K  
Glas-Rahmen Verbindungsbereich  $\Psi_g = 0,06$  Holz- oder Kunststoffrahmen, Scheiben beschichtet

Wärmedurchlasswiderstand des Luftraums nach Tab. C.1 für  $d_{LR} = 0$  mm = 0,00 W/m<sup>2</sup>K

$U_{\text{Verglasung}} = 1 / (1/1,20 - 0,17 + 0,00 + 1/5,80) = 1,20$  W/m<sup>2</sup>K

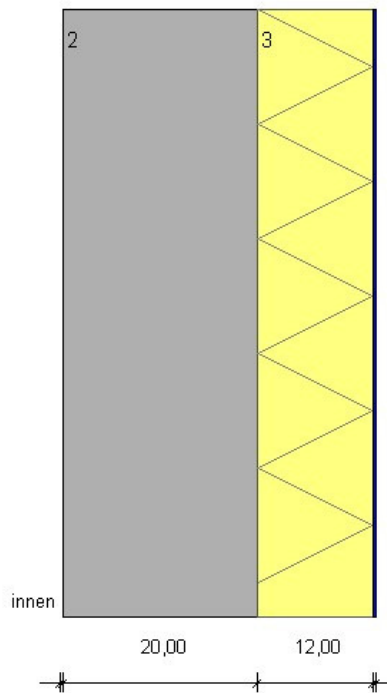
$U_w = (2,77 \cdot 1,20 + 0,36 \cdot 3,55 + 6,92 \cdot 0,06) / (2,77 + 0,36) = 1,60$  W/m<sup>2</sup>K

$U_w = 1,60$  W/m<sup>2</sup>K wird für die weiteren Berechnungen angenommen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Z-Zwo  
Bauteil: AW1 Brüstungen



AW1 Brüstungen

$U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1

2 Beton armiert (mit 2% Stahl)

3 Mineralfaser 040

4 Abdeckung Fas./Stahlblech

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |      |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,130                     |      |
| 01                              | –         | –                              | –                              | –                   | –                         |      |
| 02 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 20,000    | 2400                           | 480,0                          | 2,500               | 0,080                     |      |
| 03 Mineralfaser 040             | 12,000    | 20                             | 2,4                            | 0,040               | 3,000                     |      |
| 04 Abdeckung Fas./Stahlblech    | 0,300     | 2700                           | 8,1                            | –                   | –                         |      |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,040                     |      |
| $d =$                           |           | 32,300                         | $G =$                          | 490,5               | $R_T =$                   | 3,25 |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,308 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

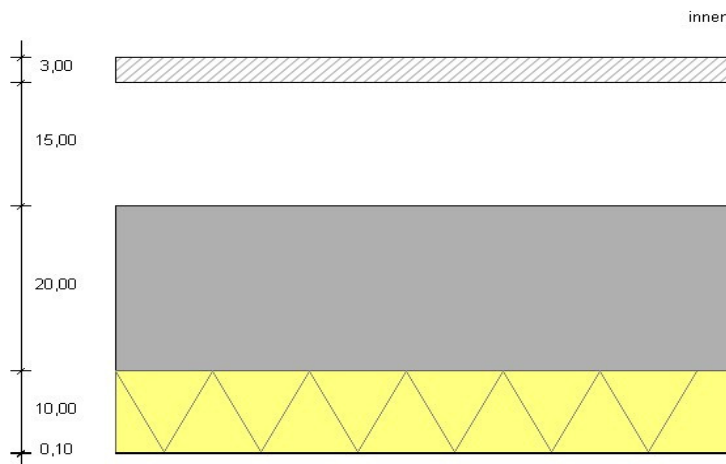
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 3,08 \geq 1,20 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

**Anlage 1** „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt Z-Zwo Stuttgart  
Bauteil: ADL1 Decke (nach unten)



ADL Decke (nach unten)  
 $U = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen                            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Anhydrit-Estrich                  | 3,00      | 2100                           | 63,0                           | -                   | -                         |
| 02 Hohlraumboden/Luftschicht         | 15,00     | 1                              | 0,2                            | -                   | -                         |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl)      | 20,00     | 2400                           | 480,0                          | 2,500               | 0,080                     |
| 04 Wärmedämmung 040                  | 10,00     | 20                             | 2,0                            | 0,040               | 2,500                     |
| 05 Aluminium hinterlüftet            | 0,10      | 2700                           | 2,7                            | 200,000             | 0,000                     |
| $R_{se}$                             |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 48,10$ $G = 547,9$ $R_T = 2,79$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,358 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

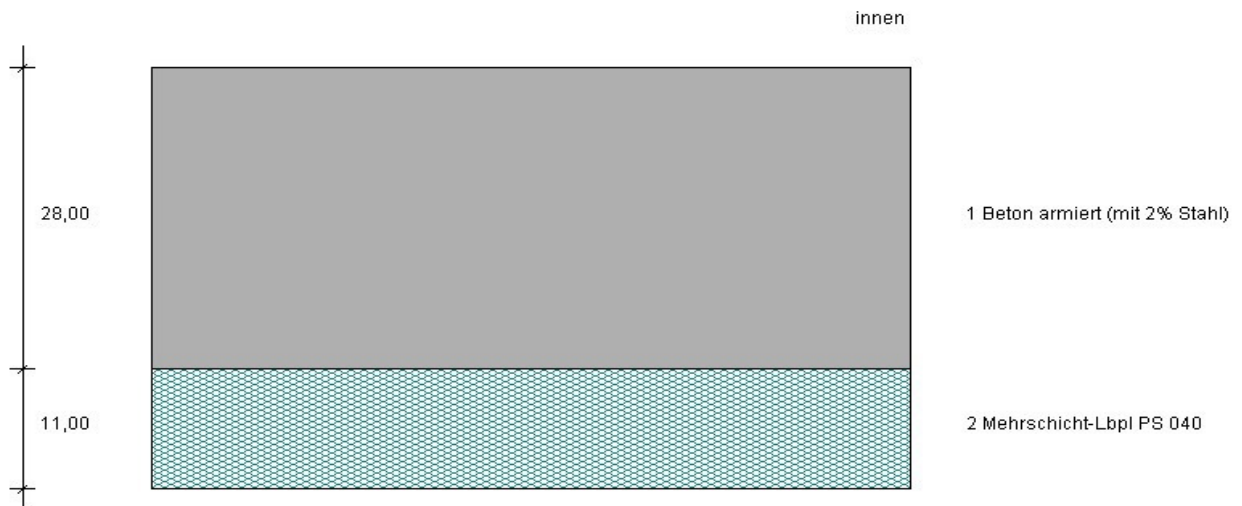
Wohnungstrenndecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      $2,58 \geq 0,35$  [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Z-Zwo  
Bauteil: ADL2 Decke nach unten (TG)



ABL2 Decke nach unten (TG)  
 $U = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,17                      |
| 01 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 28,000    | 2400                           | 672,0                          | 2,500               | 0,112                     |
| 02 Mehrschicht-Lbpl PS 040      | 11,000    | 15                             | 1,7                            | 0,040               | 2,750                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,04                      |
| $d = 39,000$                    |           | $G = 673,7$                    |                                | $R_T = 3,07$        |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,326 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Decke über Durchfahrt. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

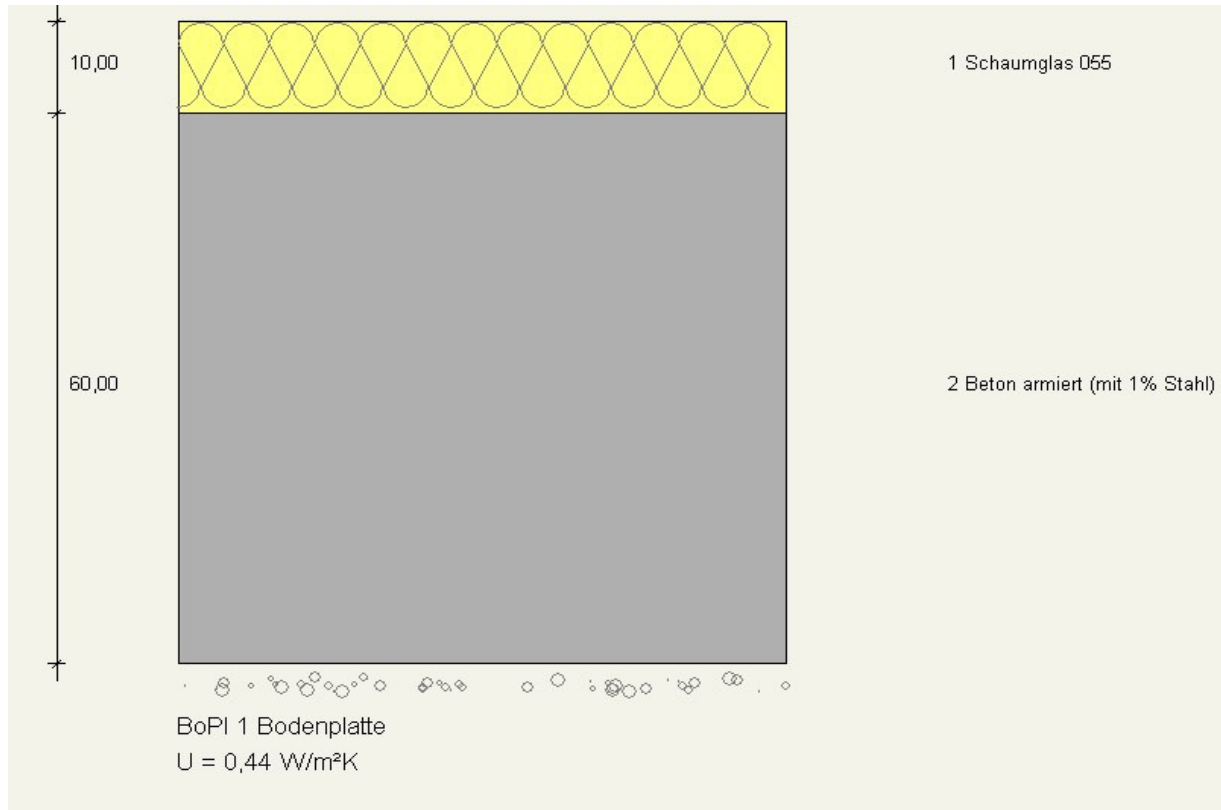
$R = 2,86 \geq 1,75 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen



## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: BoPI Bodenplatte



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |              |
|---------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|--------------|
| $R_{si}$                        |           |                   |                     | 0,17         |              |
| 01 Schaumglas 055               | 10,000    | 120               | 0,055               | 1,818        |              |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 60,000    | 2300              | 2,300               | 0,261        |              |
| $R_{se}$                        |           |                   |                     | 0,00         |              |
| d = 70,000                      |           |                   |                     | G = 1392,0   | $R_T = 2,25$ |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,445 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Bodenplatte auf Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

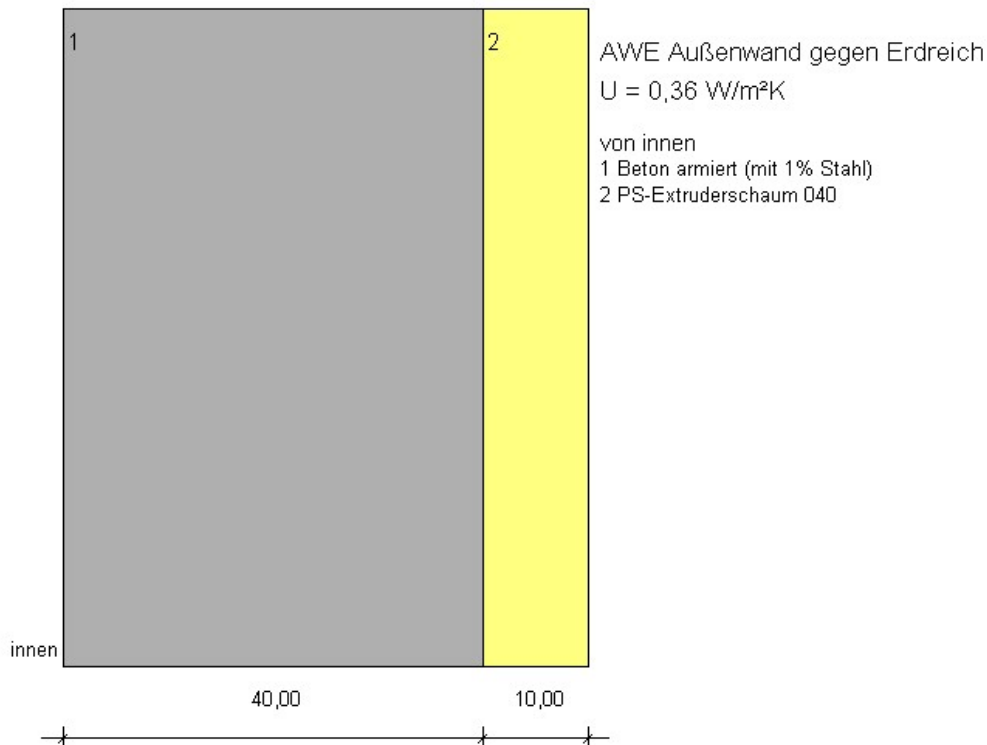
R 2,08 ≥ 0,90 [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

#### Projekt Z-Zwo

Bauteil: AWE Außenwand gegen Erdreich



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00$  m<sup>2</sup>K/W

#### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 40,000    | 2300                           | 2,300               | 0,174                     |
| 02 PS-Extruderschaum 040        | 10,000    | 25                             | 0,040               | 2,500                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,000                     |
| $d = 50,000$                    |           | $G = 922,5$                    |                     | $R_T = 2,80$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,357$  W/m<sup>2</sup>K (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

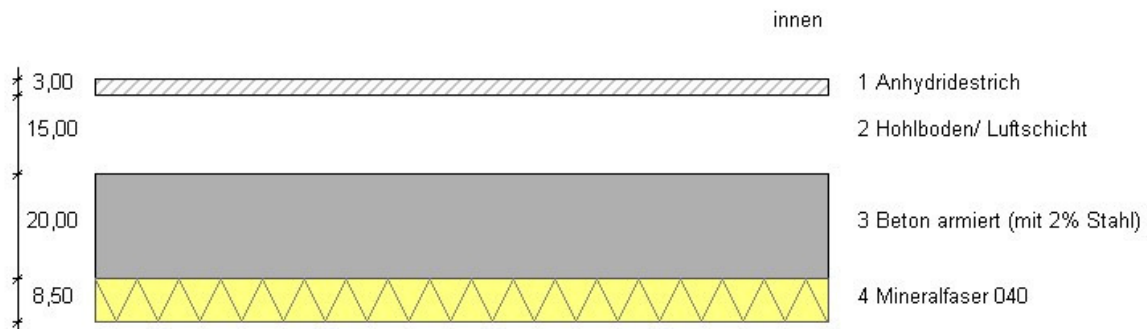
$R = 2,67 \geq 1,20$  [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

#### Projekt Z-Zwo

Bauteil: FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus



FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Anhydridestrich              | 3,000     | 2100                           | 63,0                           | -                   | -                         |
| 02 Hohlboden/ Luftschicht       | 15,000    | 1                              | 0,2                            | -                   | -                         |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 20,000    | 2400                           | 480,0                          | 2,500               | 0,080                     |
| 04 Mineralfaser 040             | 8,500     | 20                             | 1,7                            | 0,040               | 2,125                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| $d = 46,500$                    |           | $G = 544,9$                    |                                | $R_T = 2,55$        |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,393 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

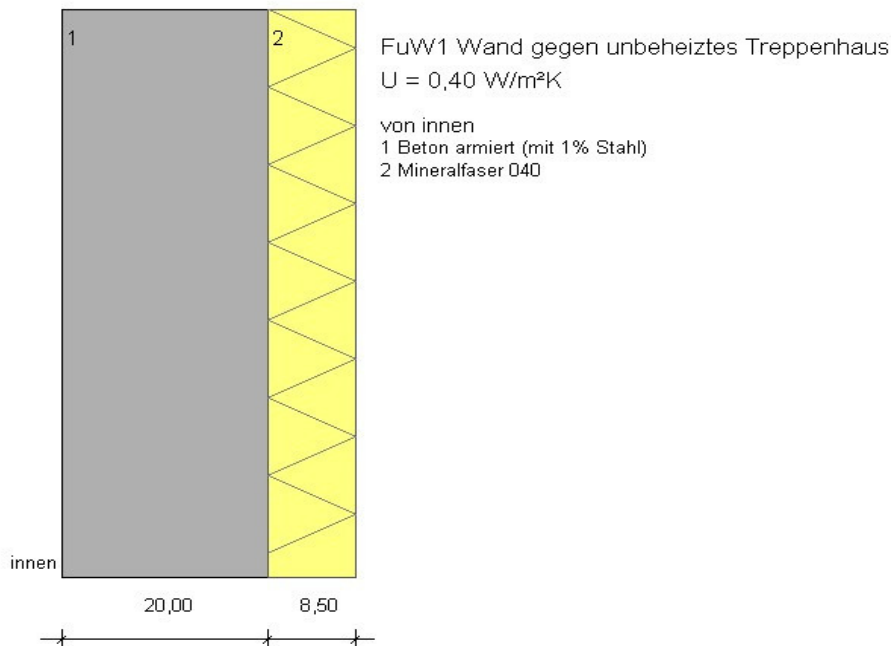
$R = 2,21 \geq 0,25 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

#### Projekt Z-Zwo

Bauteil: FuW1 Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus



Bauteiltyp "Treppenraumwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

#### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 20,000    | 2300                           | 2,300               | 0,087                     |
| 02 Mineralfaser 040             | 8,500     | 20                             | 0,040               | 2,125                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| $d = 28,500$                    |           | $G = 461,7$                    |                     | $R_T = 2,47$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,405 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

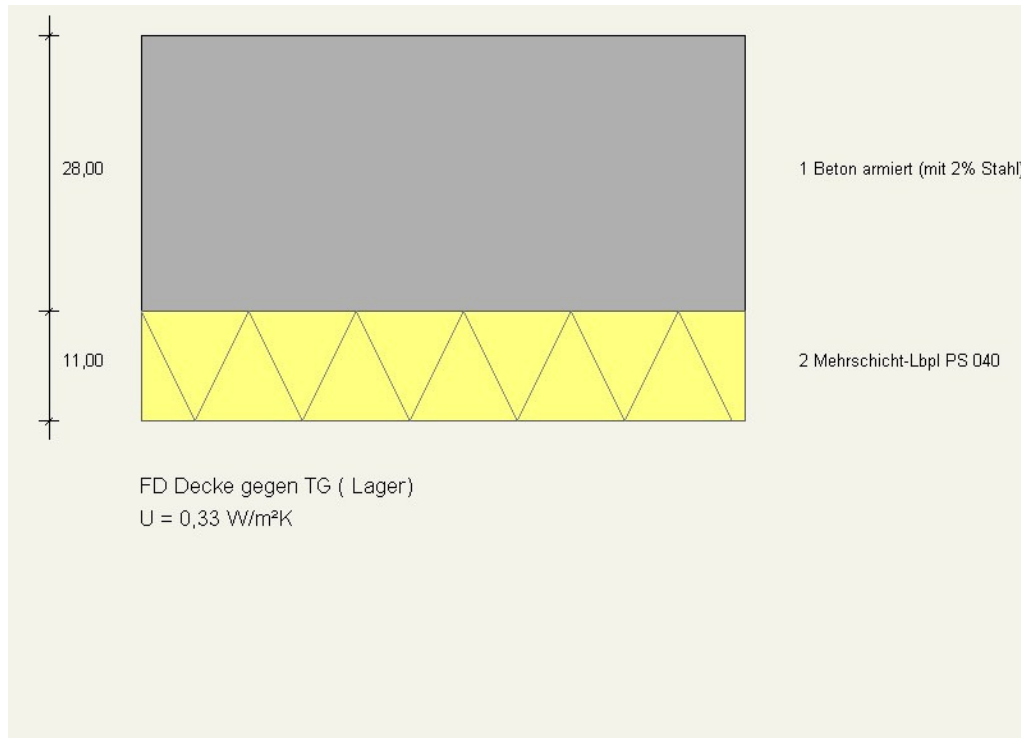
Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ °C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 2,21 \geq 0,25 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuD2 Decke gegen TG (Lager)



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,17                      |
| 01 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 28,000    | 2400                           | 2,500               | 0,112                     |
| 02 Mehrschicht-Lbpl PS 040      | 11,000    | 15                             | 0,040               | 2,750                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,04                      |
| d = 39,000                      |           | G = 673,7                      |                     | $R_T = 3,07$              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,326 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

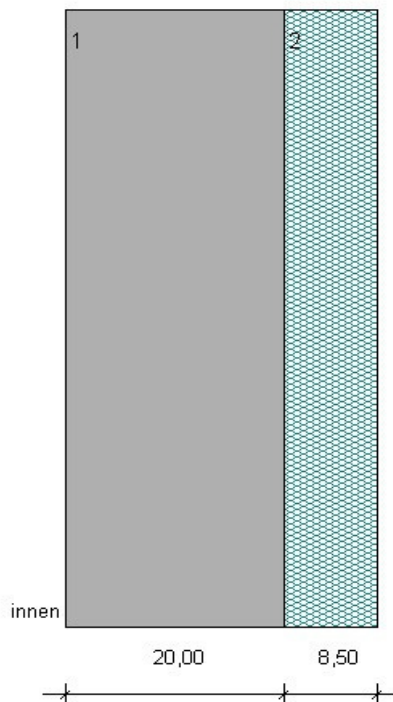
Kellerdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R                      2,86    ≥    0,90                      [m<sup>2</sup>K/W]    erfüllt    die    Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Z-Zwo  
Bauteil: FuW2 Wand gegen Tiefgarage



AW2 Wand gegen Tiefgarage

$U = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Beton armiert (mit 1% Stahl)

2 Mehrschicht-Lbpl PS 040

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

#### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 20,000    | 2300                           | 460,0               | 0,087                     |
| 02 Mehrschicht-Lbpl PS 040      | 8,500     | 15                             | 1,3                 | 2,125                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 28,500$                    |           |                                |                     | $G = 461,3$               |
|                                 |           |                                |                     | $R_T = 2,38$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,420 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

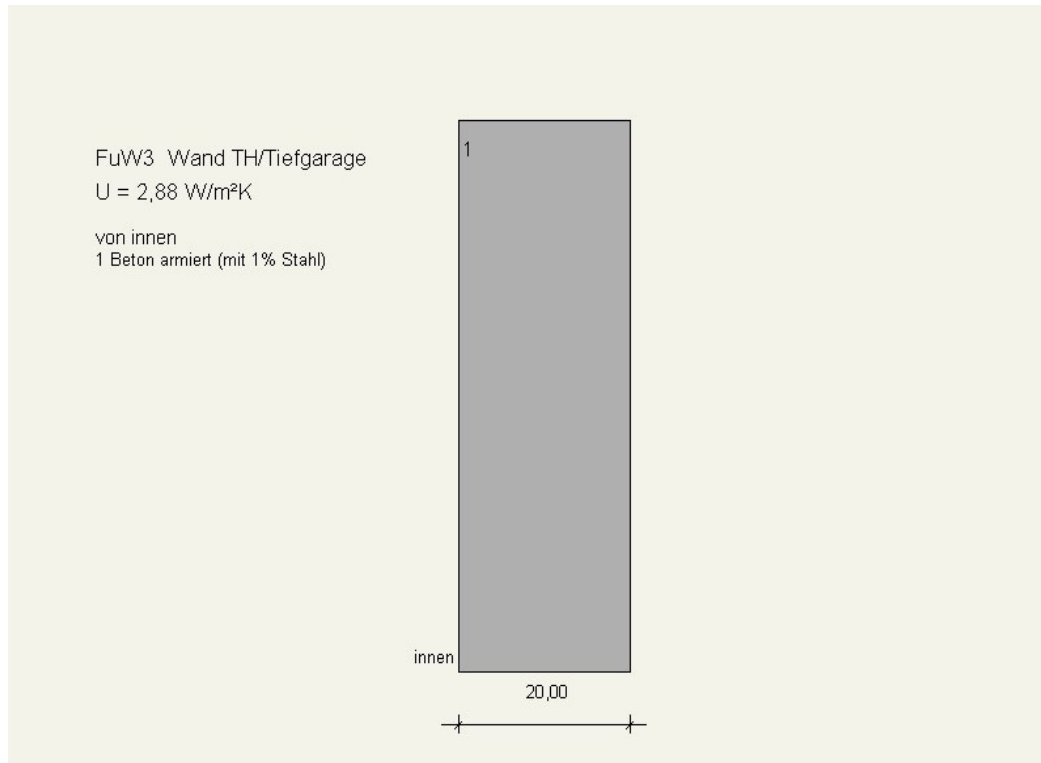
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R \quad 2,21 \geq 1,20 \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1 „: Z-Zwo – U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuW3 Wand TH/Tiefgarage



Bauteiltyp "Treppenraumwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$   $m^2K/W$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,13                      |
| 01 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 20,000    | 2300                           | 2,300               | 0,087                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,13                      |
| $d = 20,000$                    |           | $G = 460,0$                    |                     | $R_T = 0,35$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 2,882$   $W/m^2K$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10$  °C, frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      0,09 < 0,25    [m<sup>2</sup>K/W]    nicht zulässig

**Anlage 2:** „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**GEBÄUDETYP:** Nichtwohngebäude/ Bürogebäude

**Baujahr:** 2002

**Bauteile:**

|  | Nr.          | Bauteil   | Bewehrungs-<br>grad in % |
|--|--------------|---|--------------------------|
| Dach   | <b>FD1</b>   | Flachdach (begrünt)   | 2,00                     |
|  | <b>FD2</b>   | Flachdach (Decke TG)  | 2,00                     |
| Fenster                                      | <b>FF1</b>   | Fensterband/PFR Erdgeschoss                                     |                          |
|  | <b>FF2</b>   | Fensterband Obergeschosse                                       |                          |
|  | <b>FF3</b>   | Sonnenschutz  |                          |
| Opake<br>Bauteile                            | <b>AW1</b>   | Außenwand: Brüstungen (Beton)                                   | 1,00                     |
|  | <b>AW2</b>   | Außenwand: Wand gegen Tiefgarage                                | 1,00                     |
| Decken<br>gegen AL<br>nach<br>unten          | <b>ABL1</b>  | Decke gegen Außenluft nach unten                                | 2,00                     |
|  | <b>ABL2</b>  | Decke über Tiefgarage, Keller (HoBo)                            | 2,00                     |
|  | <b>ABL3</b>  | Decke über Keller (Estrich)                                     | 1,00                     |
| Bauteile<br>gegen<br>Erdreich                | <b>BoPI1</b> | Bodenplatte   | 1,00                     |
|  | <b>BoPI2</b> | Bodenplatte ohne WD (TG, Rampe, Keller)                         | 1,00                     |
|  | <b>AWE1</b>  | Außenwand gegen Erdreich (gedämmt)                              | 1,00                     |
|  | <b>AWE2</b>  | Außenwand gegen Erdreich (unged.)                               | 1,00                     |
| Trenn. Bauteile<br>zusätzliche Innenbauteile | <b>FuD1</b>  | Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus (01.OG)                     | 2,00                     |
|  | <b>FuD2</b>  | Innendecke (Hohlraumboden)                                      | 2,00                     |
|  | <b>FuD3</b>  | Innendecke ( schwimmender Estrich)                              | 2,00                     |
|  | <b>FuD4</b>  | Innendecke Beton m. Beschichtung (Boden<br>TG/Keller) 1.UG/2.UG | 2,00                     |
|  | <b>FuW1</b>  | Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus (EG)                         | 1,00                     |
|  | <b>FuW2</b>  | Gipskartonständerwand W112                                      | 1,00                     |
|  | <b>FuW3</b>  | Betonwand   | 1,00                     |
|  | <b>FuW4</b>  | Strähle Trennwand   | 1,00                     |
|  | <b>FuW5</b>  | Betonstützen rund   | 5,1                      |
|  |              | Betonstützen rechteckig   | 2,3                      |
|  | <b>SA</b>    | Sonstiges Schlosserarbeiten                                     |                          |



**Anlage 2:** „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

| Nr |    | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                      | Mengen   | Einheit | Bemerkungen   |
|----|----|---------------|---|----------|---------|---|
| 1  | 11 | <b>FD1</b>    | Flachdach (begrünt)                       | 1352,16  | m2      |   |
|    | 12 |               |   |          |         |   |
| 2  | 13 | <b>FD2</b>    | Flachdach (Decke TG)                      | 2353,29  | m2      |   |
|    | 14 |               |   |          |         |   |
| 3  | 15 | <b>FF1</b>    | Fensterband EGdg                          | 698,39   | m2      | näheres siehe BT-Katalog<br><br>EPDM außen: <b>420 lfm</b><br>IIR innen: <b>210 lfm</b>   |
|    | 16 |               |   |          |         |   |
| 4  | 17 | <b>FF2</b>    | Fensterbänder OG                          | 2476,09  | m2      | näheres siehe BT-Katalog<br><br>EPDM außen: <b>2100 lfm</b><br>IIR innen: <b>1050 lfm</b>   |
|    | 18 |               |   |          |         |   |
| 5  | 19 | <b>FF3</b>    | Sonnenschutz                              | 1233,20  | m       | näheres siehe BT-Katalog  |
|    | 20 |               |   |          |         |   |
| 6  | 21 | <b>AW1</b>    | Außenwand: Brüstungen (Beton)             | 1260     | m2      | <b>zusätzlich:</b><br>(1) Aufsatz-Alublech d=2mm<br>L=1065m, ca.50cm hoch -> <b>532,5 m<sup>2</sup></b><br>(2) Stahl-UK der Alubleche Haltewinkel 2mm dick, , gesamt L=1100m, abgewickelt 9cm breit -> <b>99 m<sup>2</sup></b><br>(3) Schrauben ca <b>140 kg</b> , JZ3 5,5x25 |
|    | 22 |               |   |          |         |   |
| 7  | 23 | <b>AW2</b>    | Außenwand: Wand gegen Tiefgarage          | 255,43   | m2      |   |
|    | 24 |               |   |          |         |   |
| 8  | 25 | <b>ABL1</b>   | Decke gegen Außenluft nach unten          | 0        | m2      | Menge zu gering, in ABL 2 enthalten   |
|    | 26 |               |   |          |         |   |
| 9  | 27 | <b>ABL2</b>   | Decke Fußboden EG über TG (Hohlraumboden) | 1027,72  | m2      | <b>zusätzlich ca. 2,7 stk</b> Stahlfüsse pro m <sup>2</sup> Hohlraumboden, mit a´ 290g/stk Stahlfuß: <b>804,7 kg</b>  |
|    | 28 |               |   |          |         |   |
| 10 | 29 | <b>ABL3</b>   | Decke EG/Keller (Estrich)                 | 142,00   | m2      | 142 m <sup>2</sup> in BoPI1 enthalten   |
|    | 30 |               |   |          |         |   |
| 11 | 31 | <b>BoPI1</b>  | Bodenplatte mit Wädä                      | 141,67   | m2      |   |
|    | 32 |               |   |          |         |   |
| 12 | 33 | <b>BoPI2</b>  | Bodenplatte ohne WD (TG, Rampe, Keller)   | 3783,55  | m2      | <b>zusätzlich:</b><br>Magerbetonplombe Achse: 3 - 4: ca.67m <sup>2</sup> , Höhe ca.0,90m -> 60,3m <sup>3</sup>  |
|    | 34 |               |   |          |         |   |
| 13 | 35 | <b>AWE1</b>   | Außenwand gegen Erdreich (gedämmt)        | 170,49   | m2      |   |
|    | 36 |               |   |          |         |   |
| 14 | 37 | <b>AWE2</b>   | Außenwand Tiefgarage Erdreich (ungedämmt) | 2.262,34 | m2      |   |
|    | 38 |               |   |          |         |   |
| 15 | 39 | <b>FuD1</b>   | Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus       | 17,00    | m2      | 17,01 qm in FuD1 enthalten  |
|    | 40 |               |   |          |         |   |
|    |    |               |   |          |         |   |

**Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

|    |    |             |   |            |    |  |
|----|----|-------------|---|------------|----|--|
| 16 | 41 | <b>FuD2</b> | Innendecke<br>Hohlraumboden                     | 5.325,00   | m2 | zusätzlich ca. 2,7 stk Stahlfüsse pro m <sup>2</sup><br>Hohlraumboden, a´ 290g/stk-> Stahlfuß:<br><b>4.169,5 kg,</b><br><b>FuD1</b> mit Fläche enthalten |
|    | 42 |             |   |            |    |  |
| 17 | 43 | <b>FuD3</b> | Innendecke<br>schwimmender Estrich              | 482,99     | m2 |  |
|    | 44 |             |   |            |    |  |
| 18 | 45 | <b>FuD4</b> | Zwischen.Betondecke<br>beschichtet (TG, Keller) | 4034,99    | m2 | inkl. Rampe  |
|    | 46 |             |   |            |    |  |
| 19 | 47 | <b>FuW1</b> | Wand gegen<br>unbeheiztes<br>Treppenhaus        | 62,69      | m2 |  |
|    | 48 |             |   |            |    |  |
| 20 | 49 | <b>FuW2</b> | leichte Trennwand Knauf<br>W112                 | 3135,1752  | m2 | ohne Türen, s. FuW5  |
|    | 50 |             |   |            |    |  |
| 21 | 51 | <b>FuW3</b> | Betonwand UG2- 5.OG                             | 3.044,53   | m2 |  |
|    | 52 |             |   |            |    |  |
| 22 | 53 | <b>FuW4</b> | Strähle Systemwand                              | 1853,91    | m2 | ohne Türen, s. FuW5  |
|    | 54 |             |   |            |    |  |
| 23 | 55 | <b>FuW5</b> | Holztüren zu FuW2 +<br>FuW4                     | 620,8672   | m2 |  |
|    | 56 |             |   |            |    |  |
| 24 | 57 | <b>FuD5</b> | Betonstützen rund,<br>D=40cm                    | 706,41     | m  | Rundstütze: D = 40 cm  |
|    | 58 |             |   |            |    |  |
| 25 | 59 | <b>FuDA</b> | Betonstützen, rechteckig                        | 339,45     | m  | Rechteckstütze: 35x80cm  |
|    | 60 |             |   |            |    |  |
| 26 | 61 | <b>SA</b>   | Schlosserarbeiten                               | 17.532,875 | kg | Gesamtangabe in kg Stahl und Edelstahl<br>genaue Aufschlüsselung siehe Bauteilkatalog  |
|    |    |             |   |            |    |  |

Die Nettogeschossfläche Gebäudes beträgt

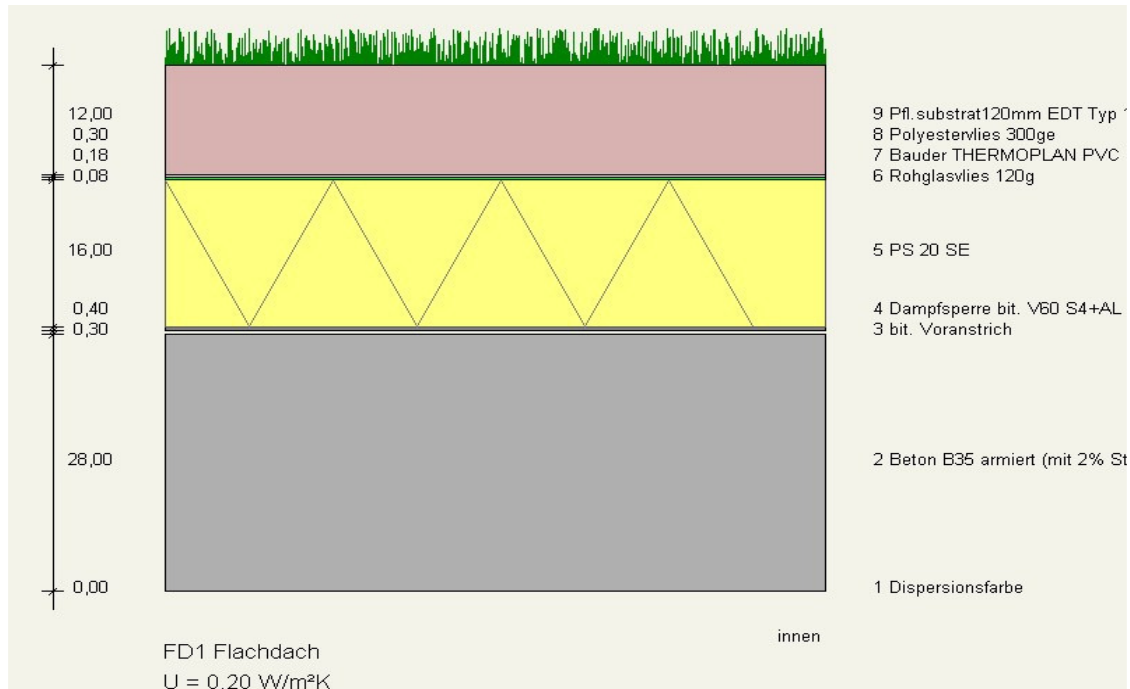
**mit Tiefgarage 14540 m<sup>2</sup>**

**ohne Tiefgarage, incl. NF im UG 10860 m<sup>2</sup>**

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FD1 Flachdach



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

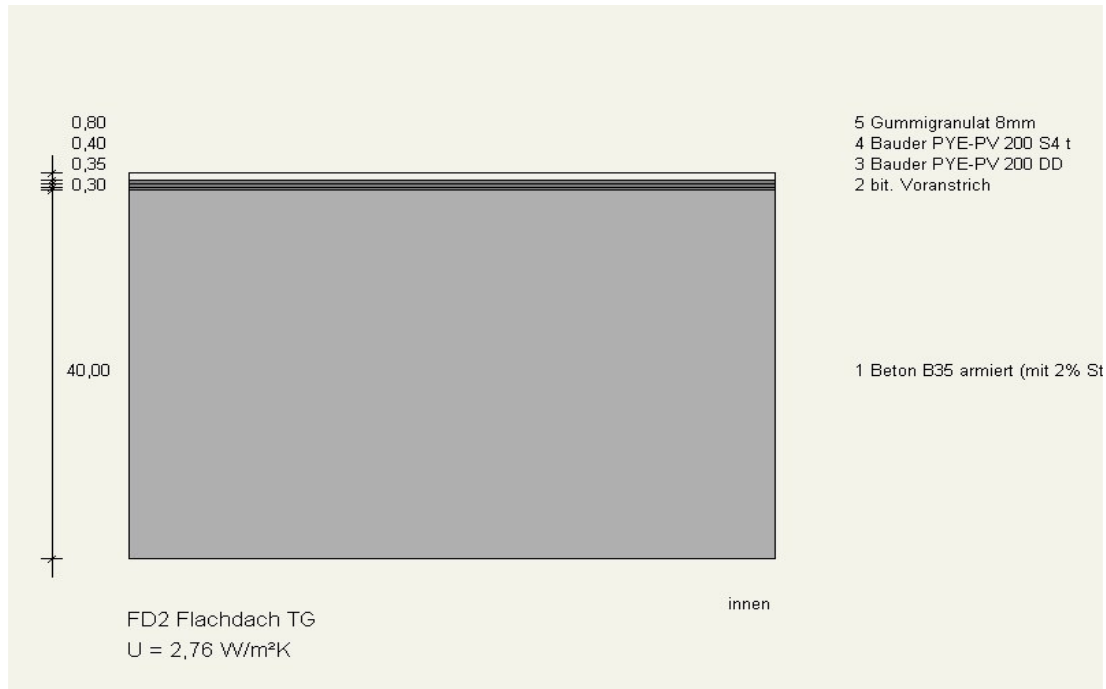
### Querschnitt

|                                  | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|----------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| von innen                        |           |                   |                     |              |
| $R_{si}$                         |           |                   |                     | 0,10         |
| 01 Dispersionsfarbe              | 0,020     | 1550              | 1,000               | –            |
| 02 Beton B35 armiert             | 28,000    | 2400              | 2,500               | 0,112        |
| 03 bit. Voranstrich              | 0,300     | 1050              | 0,170               | 0,018        |
| 04 Dampfsperre bit. V60 S4+AL    | 0,400     | 1350              | 0,170               | 0,024        |
| 05 PS 20 SE                      | 16,000    | 20                | 0,035               | 4,571        |
| 06 Rohglasvlies 120g             | 0,080     | 150               | –                   | –            |
| 07 Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 0,180     | 1300              | 0,170               | 0,011        |
| 08 Polyestervlies 300ge          | 0,300     | 100               | 0,170               | 0,018        |
| 09 Pfl.substrat 120mm EDT Typ 11 | 12,000    | 933               | –                   | –            |
| $R_{se}$                         |           |                   |                     | 0,04         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FD2 Flachdach TG



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                 | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                  |           |                                |                      |                     | 0,10                      |
| 01 Beton B35 armiert      | 40,000    | 2400                           | –                    | 2,500               | 0,160                     |
| 02 bit. Voranstrich       | 0,300     | 1050                           | –                    | 0,170               | 0,018                     |
| 03 Bauder PYE-PV 200 DD   | 0,500     | 1200                           | –                    | 0,170               | 0,021                     |
| 04 Bauder PYE-PV 200 S4 t | 0,400     | 1050                           | –                    | 0,170               | 0,024                     |
| 05 Gummigranulat 8mm      | 0,800     | 725                            | –                    | –                   | –                         |
| $R_{se}$                  |           |                                |                      |                     | 0,04                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FF1 Fensterband/Pfostenriegel (EG)

Beschreibung Fensterband:

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Verglasung</b>              | Typ: Glastyp GT4/GT5 (i.d.R.)<br>Glastyp GT1 (Türelemente)<br><br>Fabrikat:<br><br>Dicke: 8 mm 8 VSG (4,0/0,76 OPBV-Folie/4) mm<br>16 mm Scheibenzwischenstand<br>4 mm Floatglasscheibe<br><br>Typ:<br><br>Beschichtung:<br><br>Ug-Wert: 1,1 W/m²K  |
| <b>Rahmen</b>                  | Material: thermisch getrenntes Aluprofil<br><br>Typ/Fabrikat: Schüco Royal S70.1 bzw. FW 50+ (Sonderprofil)<br><br>Rahmenanteil: 23 %<br><br>Alu: 5,93 kg /m² zu u.g. Fensterfläche<br>--- Festlegung aus 12,4 cm breiten Rahmen<br>Stahlkern:<br>(in Pfosten) 13,67 kg / m² zu u.g. Fensterfläche<br>--- Festlegung aus 12,4 cm breiten Rahmen |
| <b>Randverbund:</b>            | Material: Aluminiumhohlprofil, Dichtung am Abstandshalter mit Butyl   |
| <b>Abdichtungsbahn:</b>        | Material außen: NOVAwall, EPDM, 1,0 mm dick, 300 mm breit<br>Menge: 420 lfm x 0,3 m = <b>126 qm</b><br>Material innen: NOVAwall IIR, 1,0 mm dick, 150 mm<br>Menge: 210 lfm x 0,15 m = <b>31,5 qm</b>  |
| <b>Regelraster:</b>            | 2 x 1,35 m = 2,70 m   |
| <b>Durchschnittliche Höhe:</b> | ca. 3,50 m (festgelegte Durchschnittsfensterhöhe)   |
| <b>Türelement:</b>             | 1,35 m x 2,40 m   |
|                                |    |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FF2 Fensterband (OG)

Beschreibung Fensterband:

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Verglasung</b>              | Typ: Glastyp GT1 (i.d.R.)<br>Fabrikat:<br>Dicke: 6-16-6<br>Beschichtung:<br>Ug-Wert: 1,1 W/m²K  |
| <b>Rahmen</b>                  | Material: thermisch getrenntes Aluprofil<br>Typ/Fabrikat: Schüco Royal S70.1 (Sonderprofil)<br>Rahmenanteil: 29,5 %<br>Alu: 8,75 kg /m² zu u.g. Fensterfläche<br>--- Festlegung aus 12,4 cm breiten Rahmen<br>Stahlkern:<br>(in Pfosten) -- |
| <b>Randverbund:</b>            | Material: Aluminiumhohlprofil, Dichtung am Abstandshalter mit Butyl   |
| <b>Abdichtungsbahn:</b>        | Material außen: NOVAwall, EPDM, 1,0 mm dick, 300 mm breit<br>Menge: 2100 lfm x 0,3 m = <b>630 qm</b><br>Material innen: NOVAwall IIR, 1,0 mm dick, 150 mm<br>Menge: 1050 lfm x 0,15 m = <b>157,5 qm</b>                                     |
| <b>Regelraster:</b>            | 2 x 1,35 m = 2,70 m   |
| <b>Durchschnittliche Höhe:</b> | ca. 2,35 m  |
|                                |    |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

**Projekt** Züblin Z-Zwo  
 Bauteil: FF3 Sonnenschutz

Beschreibung :

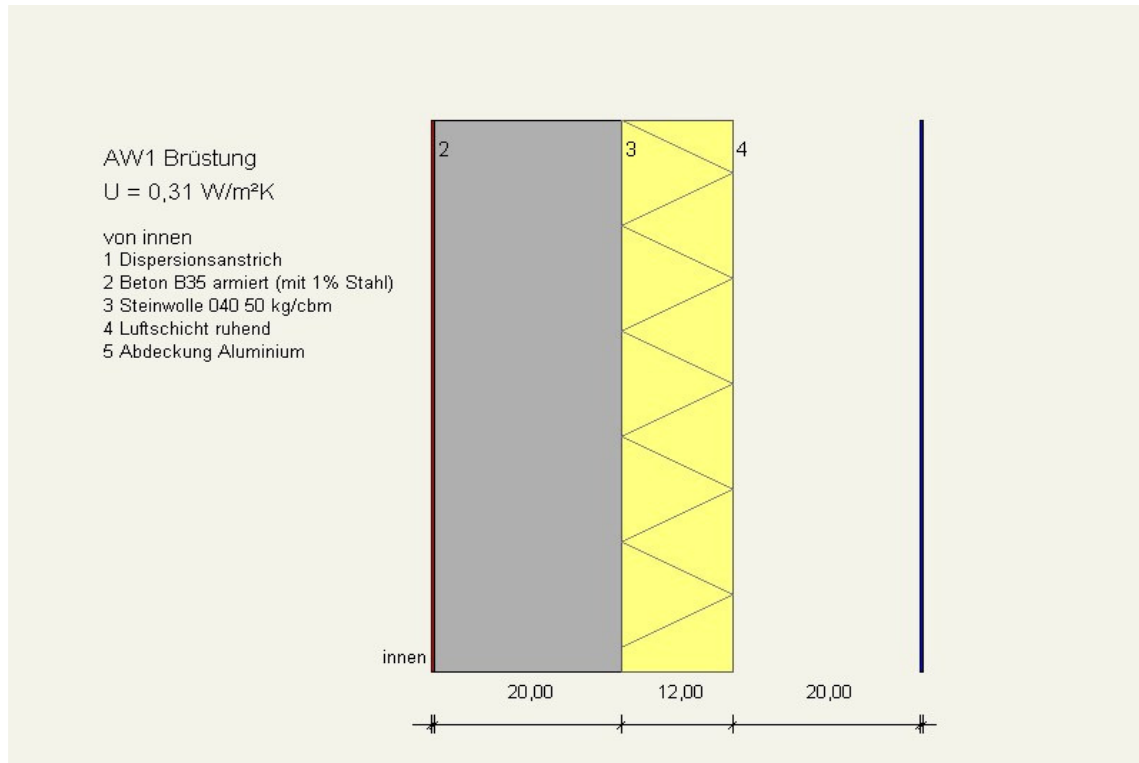
|                      |   |  |
|----------------------|---|--|
| Materialbeschreibung | Fabrikat:                                       | Veltrup EL 80 AFL-01<br>80-er Flachlamelle mit Tageslichttechnik   |
|                      | Oberschiene:<br>Unterschiene:<br>Lamellen:      | strangepreßtes Aluminium<br>strangepreßtes Aluminium mit Endkappen<br>80 mm breit, gewölbt, ohne Bördelung, Aluminium  |
|                      | Stegbänder:<br>Aufzugsbänder:<br>Windsicherung: | Polyester-Leiterkordel<br>Polyesterband, spezialbeschichtet<br>polyamidummantelte Stahldrahtlitze<br>ober Befestigung an Kopfflieste, untere Befestigung<br>mit Edelstahl-Rundstäben |
|                      | Antrieb:<br>Bedienung:                          | Elektromotor<br>bauseitige Taster  |
| Behanghöhe:          | EG:<br>OG:                                      | 3,50 m i.M.<br>2,35 m  |
| Behangfläche:        | EG:<br>OG:                                      | 641,2 m <sup>2</sup><br>2547,5 m <sup>2</sup>  |
| Gewicht:             | Angabe lt. Hersteller:                          | (3 bis) <b>4 kg / m<sup>2</sup></b> Behanghöhe, vorwiegend Alu<br>ergibt:<br>3188,7 m <sup>2</sup> x 4 kg/m <sup>2</sup> = 12.754,8 kg Alu   |



## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: AW1 Brüstung



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

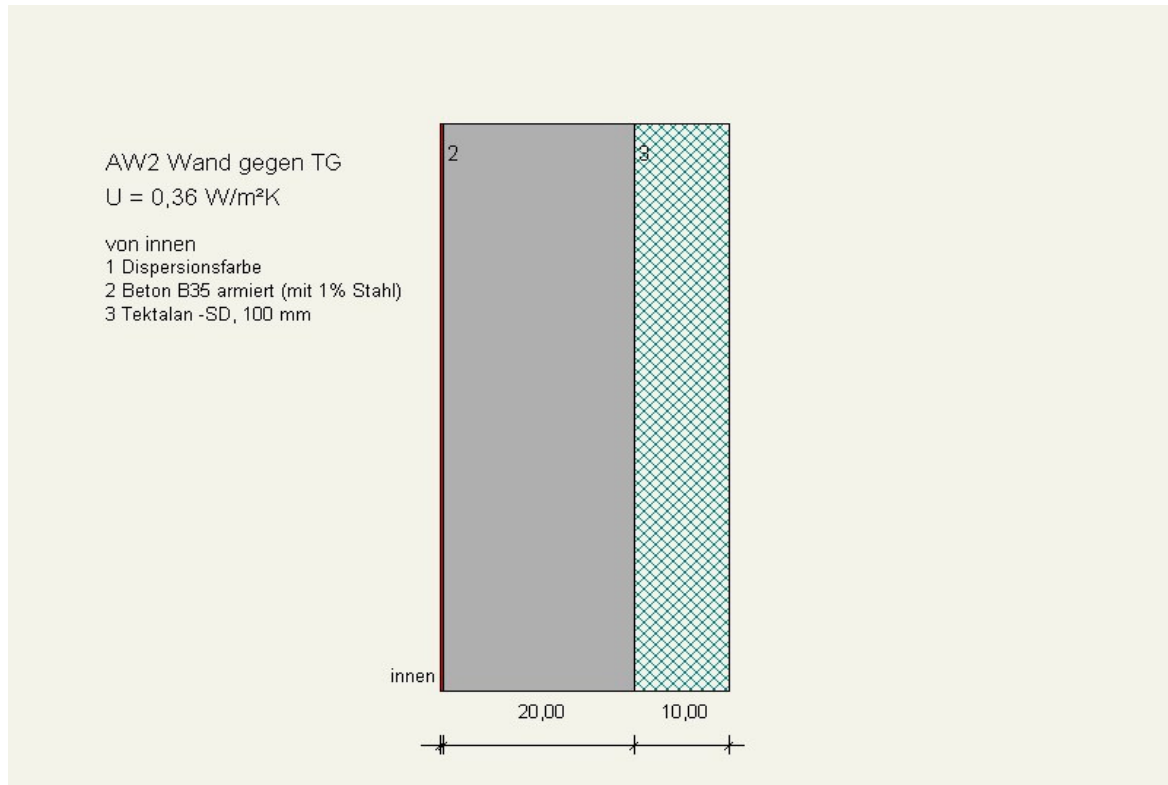
### Querschnitt

| von innen                            | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m³] | [kg/m²] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------|---------|-------------|--------------|
| $R_{si}$                             |           |              |         |             | 0,13         |
| 01 Dispersionsanstrich               | 0,020     | 1550         | –       | 1,000       | –            |
| 02 Beton B35 armiert                 | 20,000    | 2400         | –       | 2,300       | 0,087        |
| 03 Steinwolle 040 50 kg/cbm          | 12,000    | 50           | –       | 0,040       | 3,000        |
| 04 Luftschicht ruhend                | 20,000    | 1            | –       | –           | –            |
| 05 Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 0,200     | 2700         | –       | 200,000     | 0,000        |
| $R_{se}$                             |           |              |         |             | 0,04         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: AW2 Wand gegen TG



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

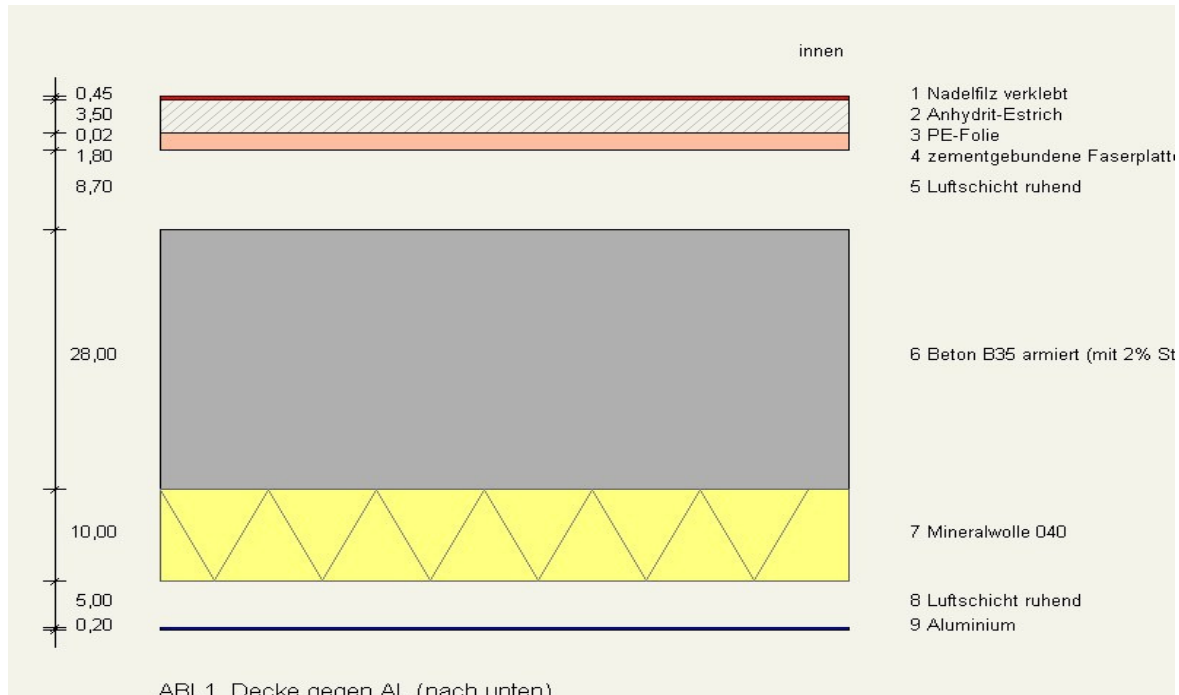
| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | [kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-------------------------|-----------|-------------------|---------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                |           |                   |         |                     | 0,13         |
| 01 Dispersionsfarbe     | 0,020     | 1550              | –       | 1,000               | –            |
| 02 Beton B35 armiert    | 20,000    | 2400              | –       | 2,300               | 0,087        |
| 03 Tektalan -SD, 100 mm | 10,000    | 210               | –       | 0,040               | 2,500        |
| $R_{se}$                |           |                   |         |                     | 0,04         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: ABL1 Decke gegen AL (nach unten)



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                             |           |                                |                     | 0,17                      |
| 01 Nadelfilz verklebt                | 0,450     | 120                            | 0,050               | 0,090                     |
| 02 Anhydrit-Estrich                  | 3,500     | 2100                           | -                   | -                         |
| 03 PE-Folie                          | 0,020     | 1000                           | -                   | -                         |
| 04 zementgebundene Faserplatte       | 1,800     | 600                            | 0,130               | 0,138                     |
| 05 Luftschicht ruhend                | 8,700     | 1                              | -                   | 0,180                     |
| 06 Beton B35 armiert                 | 28,000    | 2400                           | 2,500               | 0,112                     |
| 07 Mineralwolle 040                  | 10,000    | 20                             | 0,040               | 2,500                     |
| 08 Luftschicht ruhend                | 5,000     | 1                              | -                   | -                         |
| 09 Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 0,200     | 2700                           | 200,000             | 0,000                     |
| $R_{se}$                             |           |                                |                     | 0,04                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: ABL2 Decke über TG, Keller



Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

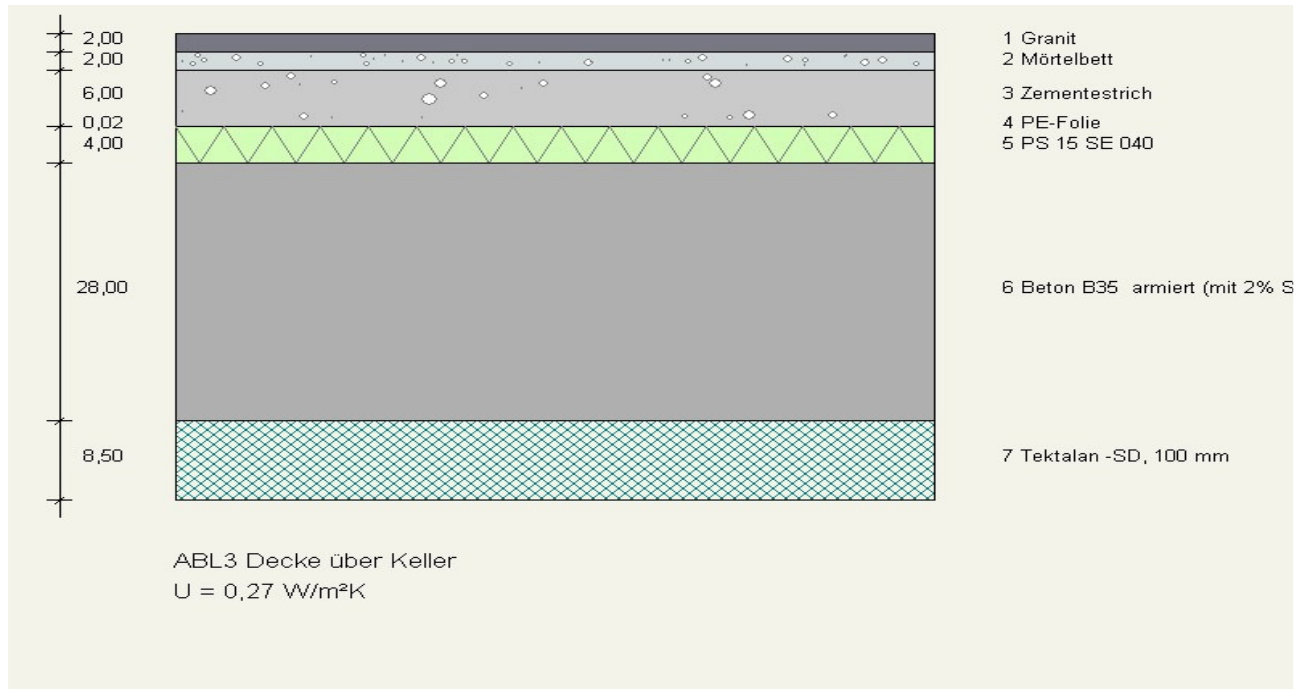
### Querschnitt

| von innen                      | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|--------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                       |           |                   |                     | 0,17         |
| 01 Nadelfilz verklebt          | 0,450     | 120               | –                   | 0,090        |
| 02 Anhydrit-Estrich            | 3,500     | 2100              | –                   | 0,029        |
| 03 PE-Folie                    | 0,020     | 1000              | –                   | –            |
| 04 zementgebundene Faserplatte | 1,800     | 600               | –                   | 0,138        |
| 05 Luftschicht ruhend          | 8,700     | 1                 | –                   | 0,180        |
| 06 Beton B35 armiert           | 28,000    | 2400              | –                   | 0,112        |
| 07 Tektalan -SD, 100 mm        | 12,500    | 210               | –                   | 3,125        |
| $R_{se}$                       |           |                   |                     | 0,04         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: ABL3 Decke über Keller



Bauteiltyp "Kellerdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m²K/W

### Querschnitt

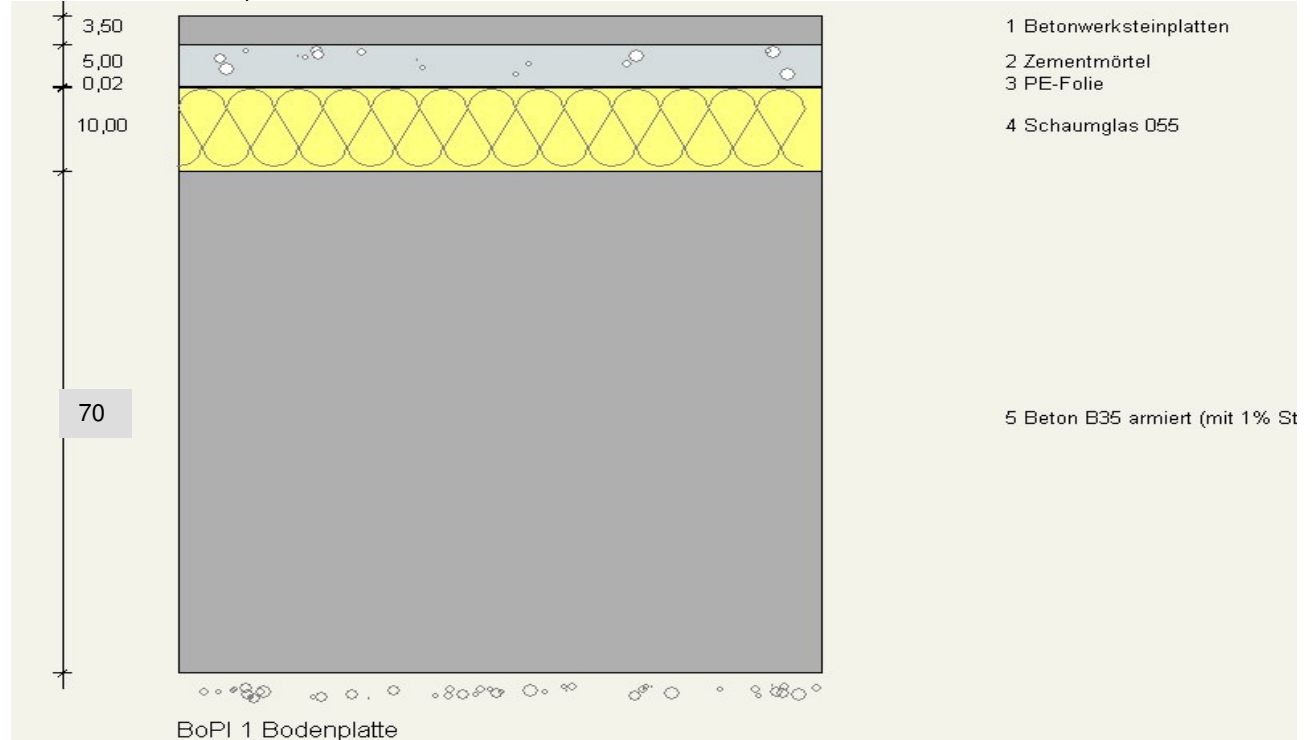
| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                |           |                   |                     | 0,17         |
| 01 Granit               | 2,000     | 2800              | –                   | 0,006        |
| 02 Mörtelbett           | 2,000     | 2000              | –                   | 0,014        |
| 03 Zementestrich        | 6,000     | 2000              | –                   | 0,043        |
| 04 PE-Folie             | 0,020     | 1000              | –                   | –            |
| 05 PS 15 SE 040         | 4,000     | 15                | –                   | 1,000        |
| 06 Beton B35 armiert    | 28,000    | 2400              | –                   | 0,112        |
| 07 Tektalan -SD, 100 mm | 8,500     | –                 | –                   | 2,125        |
| $R_{se}$                |           |                   |                     | 0,17         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: BoPI 1 Bodenplatte



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------|-----------|--------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                 |           |                                |   |                     | 0,17                      |
| 01 Betonwerksteinplatten | 3,500     | 2000                           | - | 1,350               | 0,026                     |
| 02 Zementmörtel          | 5,000     | 2000                           | - | 1,400               | 0,036                     |
| 03 PE-Folie              | 0,020     | 1000                           | - | -                   | -                         |
| 04 Schaumglas 055        | 10,000    | 120                            | - | 0,055               | 1,818                     |
| 05 Beton B35 armiert     | 70,000    | 2400                           | - | 2,300               | 0,261                     |
| $R_{se}$                 |           |                                |   |                     | 0,00                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: BoPI 2 Bodenplatte (TG, Rampe, Keller)



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

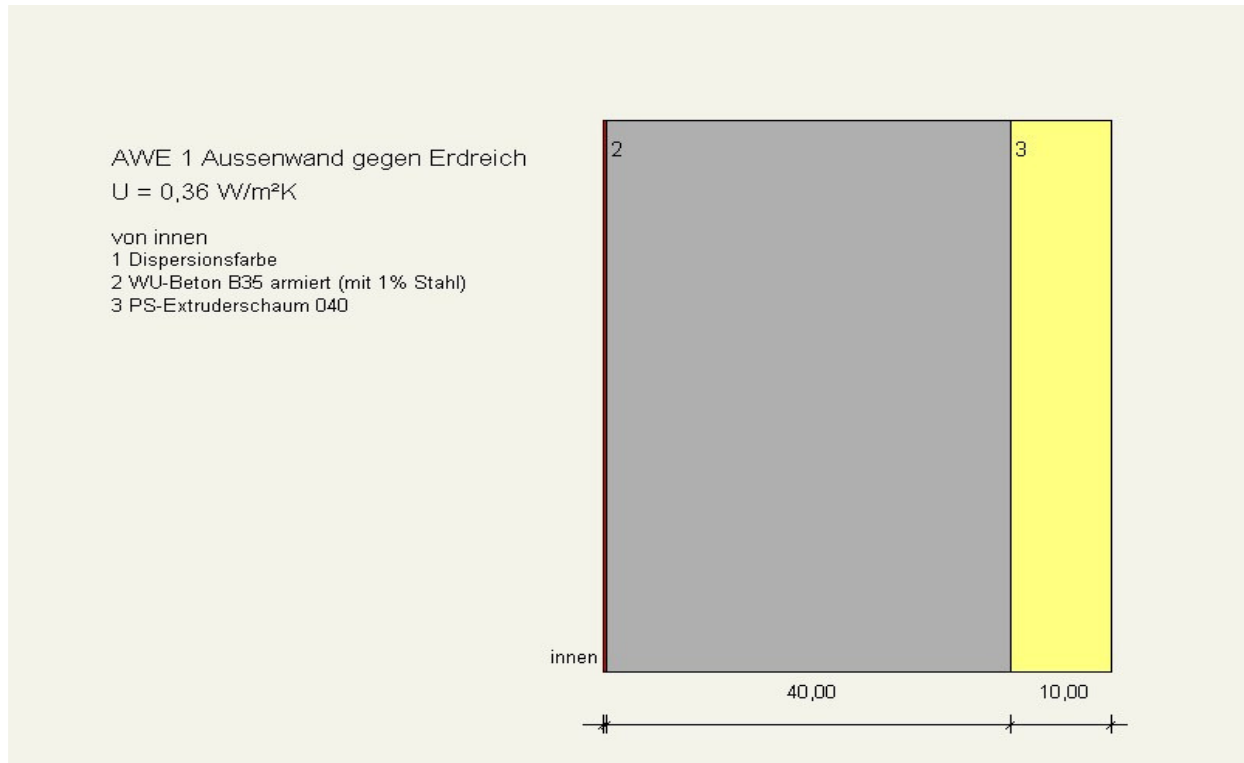
### Querschnitt

| von innen            | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|----------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$             |           |                                |                      |                     | 0,17                      |
| 01 OS11 Beschichtung | 0,500     | 1200                           | -                    | 0,200               | 0,025                     |
| 02 Beton B35 armiert | 70,000    | 2400                           | -                    | 2,300               | 0,261                     |
| $R_{se}$             |           |                                |                      |                     | 0,00                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: AWE 1 Aussenwand gegen Erdreich



Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                 |           |                           |                      |             | 0,13                      |
| 01 Dispersionsfarbe      | 0,020     | 1550                      | –                    | 1,000       | –                         |
| 02 WU-Beton B35 armiert  | 40,000    | 2400                      | –                    | 2,300       | 0,174                     |
| 03 PS-Extruderschaum 040 | 10,000    | 25                        | –                    | 0,040       | 2,500                     |
| $R_{se}$                 |           |                           |                      |             | 0,00                      |

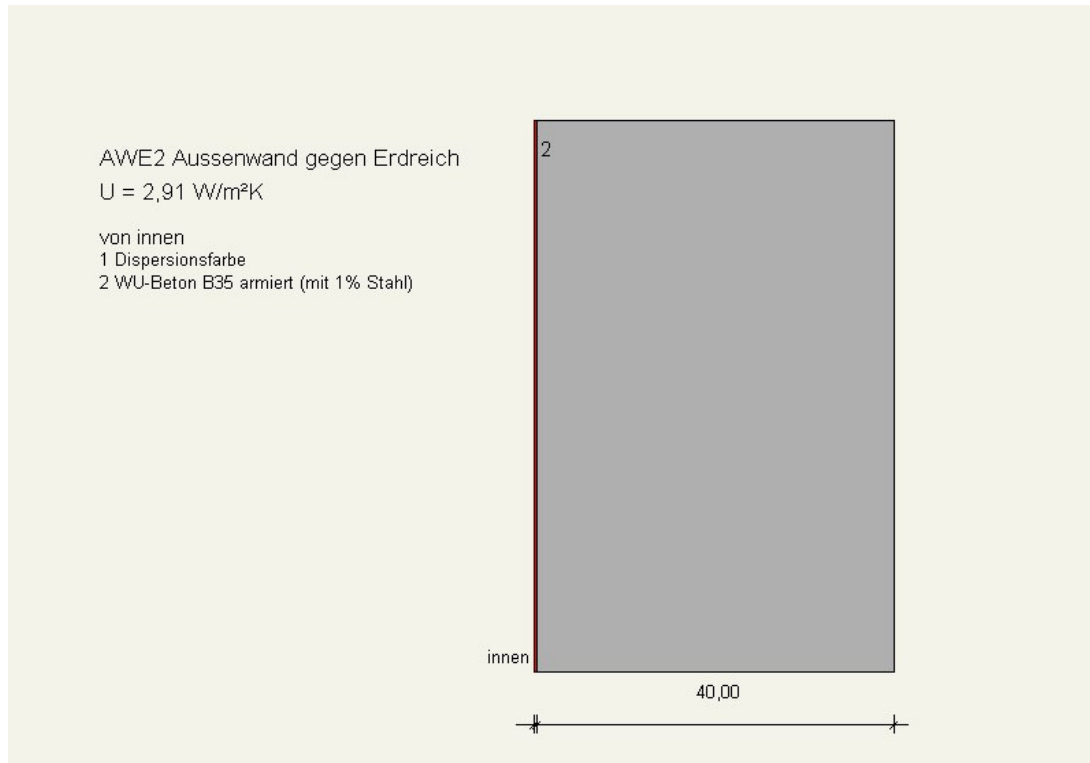


## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: AWE2 Aussenwand gegen Erdreich (ungedämmt)



Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

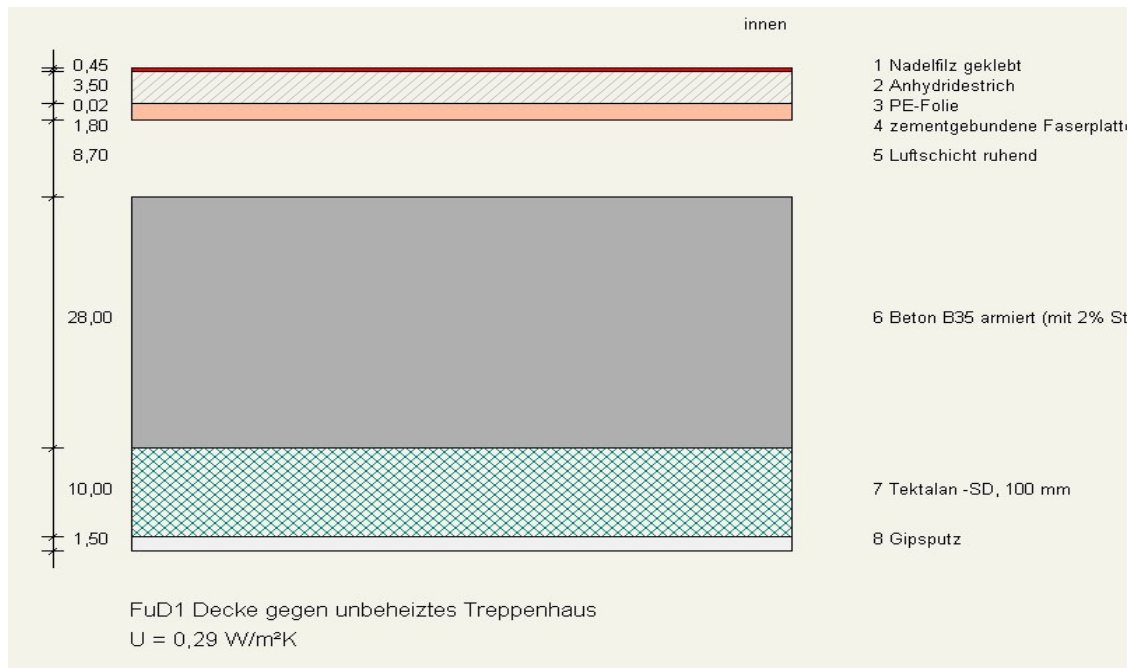
| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                |           |                                |                      |                     | 0,13                      |
| 01 Dispersionsfarbe     | 0,020     | 1550                           | -                    | 1,000               | -                         |
| 02 WU-Beton B35 armiert | 40,000    | 2400                           | -                    | 2,300               | 0,174                     |
| $R_{se}$                |           |                                |                      |                     | 0,04                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus



Bauteiltyp "Kellerdecke"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m²K/W

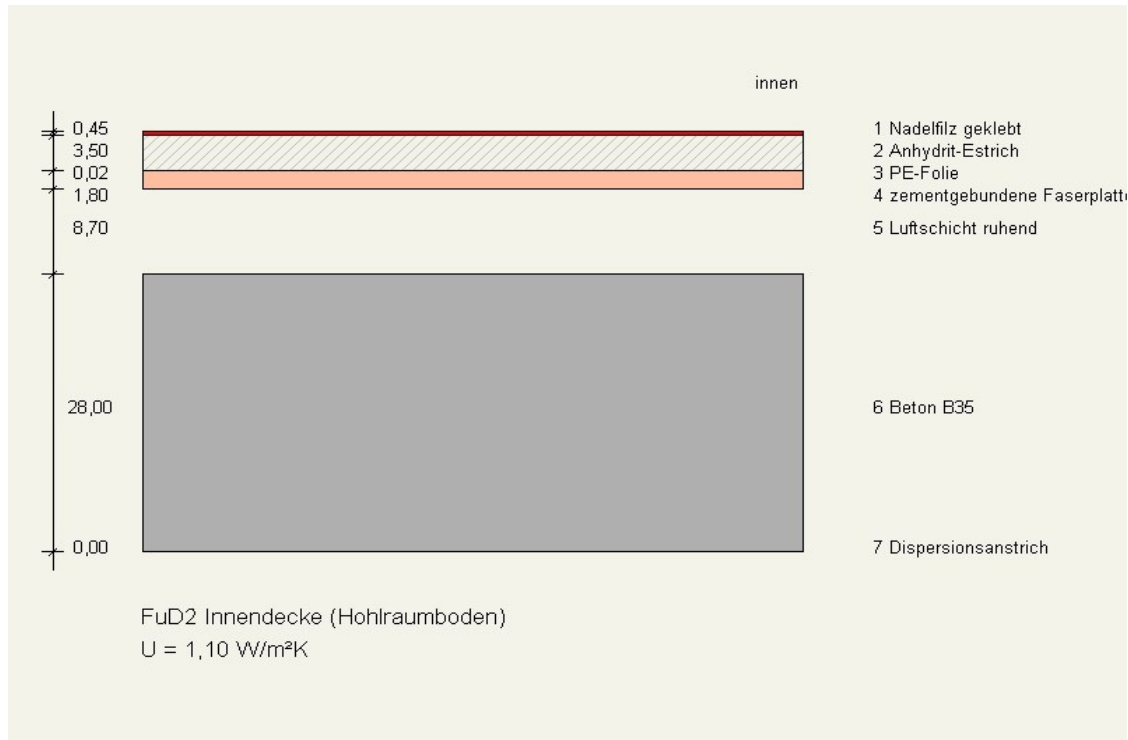
### Querschnitt

| von innen                      | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|--------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                       |           |                   |                     | 0,17         |
| 01 Nadelfilz geklebt           | 0,450     | 120               | –                   | 0,090        |
| 02 Anhydriestrich              | 3,500     | 2100              | –                   | 0,029        |
| 03 PE-Folie                    | 0,020     | 1000              | –                   | –            |
| 04 zementgebundene Faserplatte | 1,800     | 600               | –                   | 0,138        |
| 05 Luftschicht ruhend          | 8,700     | 1                 | –                   | 0,180        |
| 06 Beton B35 armiert           | 28,000    | 2400              | –                   | 0,112        |
| 07 Tektalan -SD, 100 mm        | 10,000    | –                 | –                   | 2,500        |
| 08 Gipsputz                    | 1,500     | 1200              | –                   | 0,043        |
| $R_{se}$                       |           |                   |                     | 0,17         |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke in zentralbeh. Geb. nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m<sup>2</sup>K/W

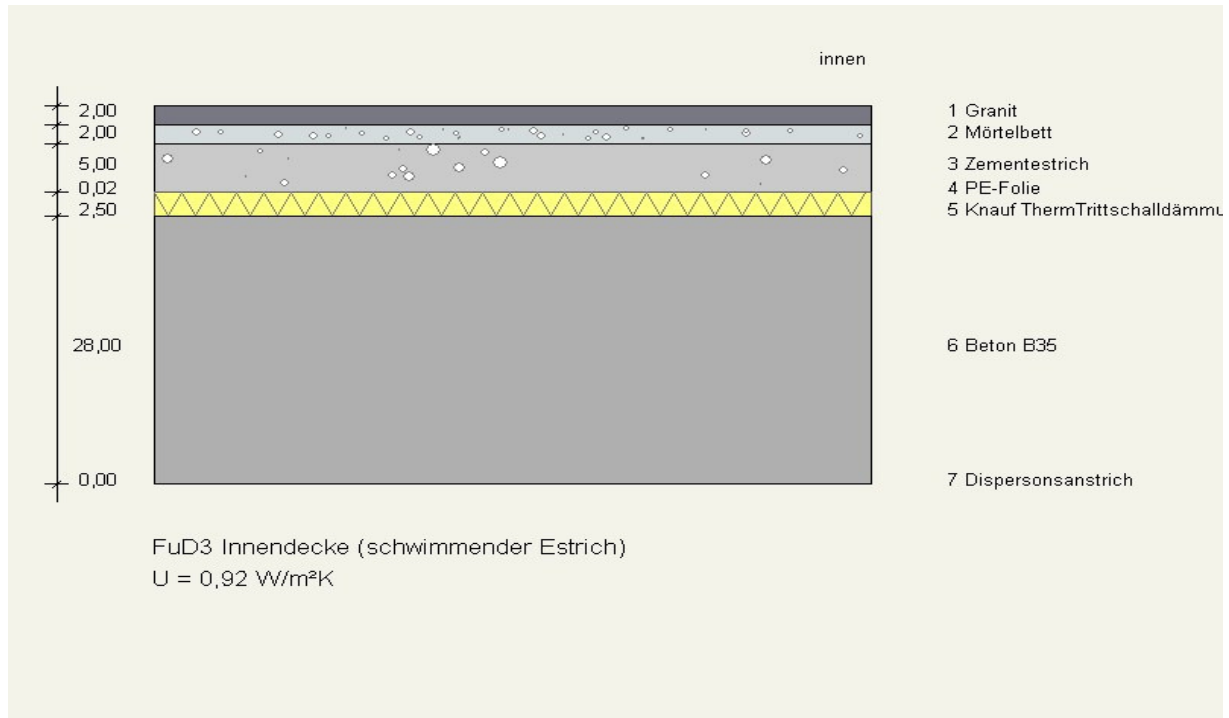
### Querschnitt

| von innen                      | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--------------------------------|-----------|---------------------------|---|-------------|---------------------------|
| $R_{si}$                       |           |                           |   |             | 0,17                      |
| 01 Nadelfilz geklebt           | 0,450     | 120                       | – | 0,050       | 0,090                     |
| 02 Anhydrit-Estrich            | 3,500     | 2100                      | – | 1,200       | 0,029                     |
| 03 PE-Folie                    | 0,020     | 1000                      | – | –           | –                         |
| 04 zementgebundene Faserplatte | 1,800     | 600                       | – | 0,130       | 0,138                     |
| 05 Luftschicht ruhend          | 8,700     | 1                         | – | –           | 0,180                     |
| 06 Beton B35                   | 28,000    | 2400                      | – | 2,100       | 0,133                     |
| 07 Dispersionsanstrich         | 0,020     | 1550                      | – | 1,000       | –                         |
| $R_{se}$                       |           |                           |   |             | 0,17                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich)



Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m<sup>2</sup>K/W

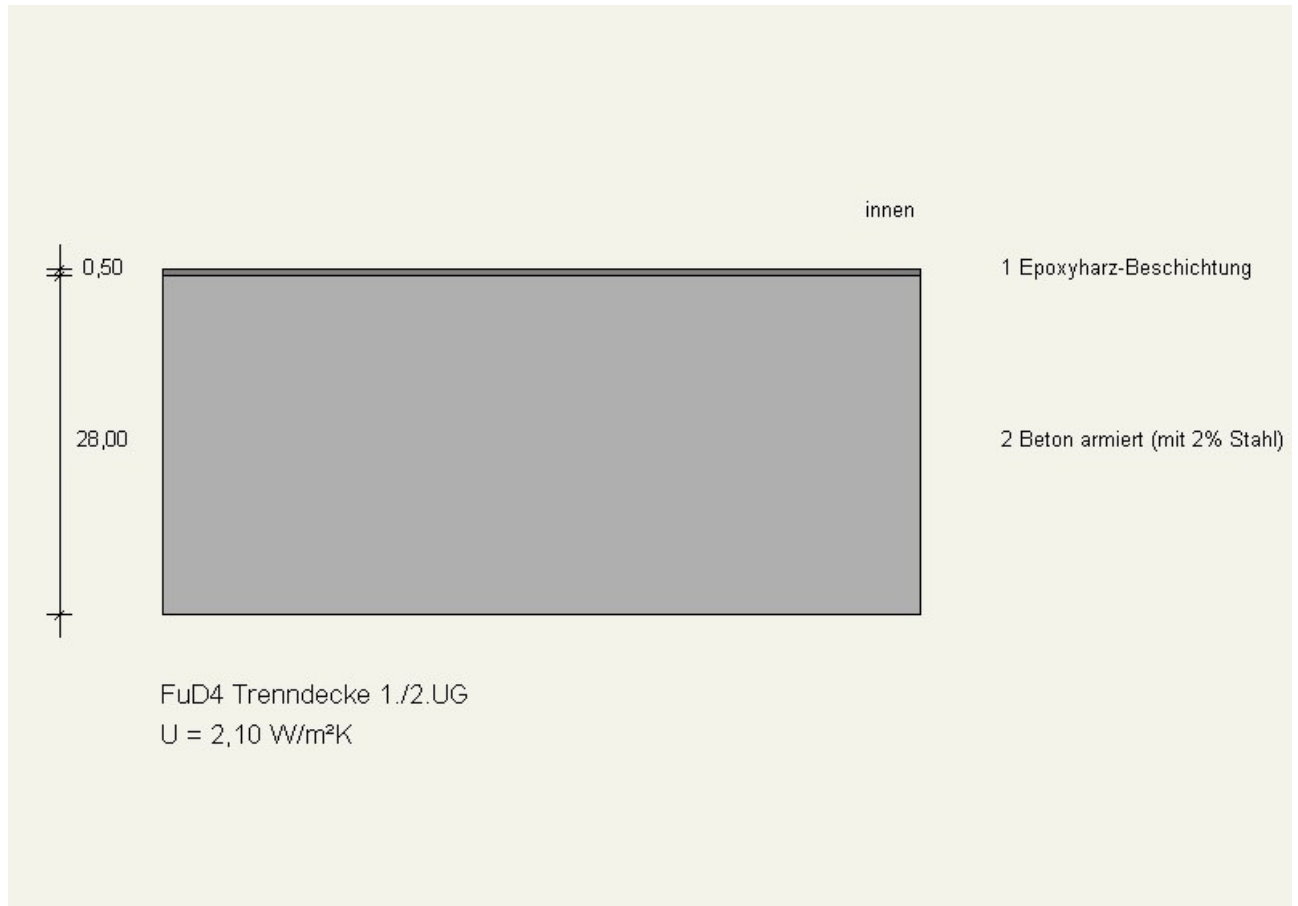
### Querschnitt

| von innen                        | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                         |           |                                |                                |                     | 0,17                      |
| 01 Granit                        | 2,000     | 2800                           | –                              | 3,500               | 0,006                     |
| 02 Mörtelbett                    | 2,000     | 2000                           | –                              | 1,600               | 0,013                     |
| 03 Zementestrich                 | 5,000     | 2000                           | –                              | 1,400               | 0,036                     |
| 04 PE-Folie                      | 0,020     | 1000                           | –                              | –                   | –                         |
| 05 Knauf ThermTrittschalldämmung | 2,500     | 15                             | –                              | 0,045               | 0,556                     |
| 06 Beton B35                     | 28,000    | 2400                           | –                              | 2,100               | 0,133                     |
| 07 Dispersionsanstrich           | 0,020     | 1550                           | –                              | 1,000               | –                         |
| $R_{se}$                         |           |                                |                                |                     | 0,17                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuD4 Trenndecke 1./2.UG



Bauteiltyp "Kellerdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17$  m<sup>2</sup>K/W

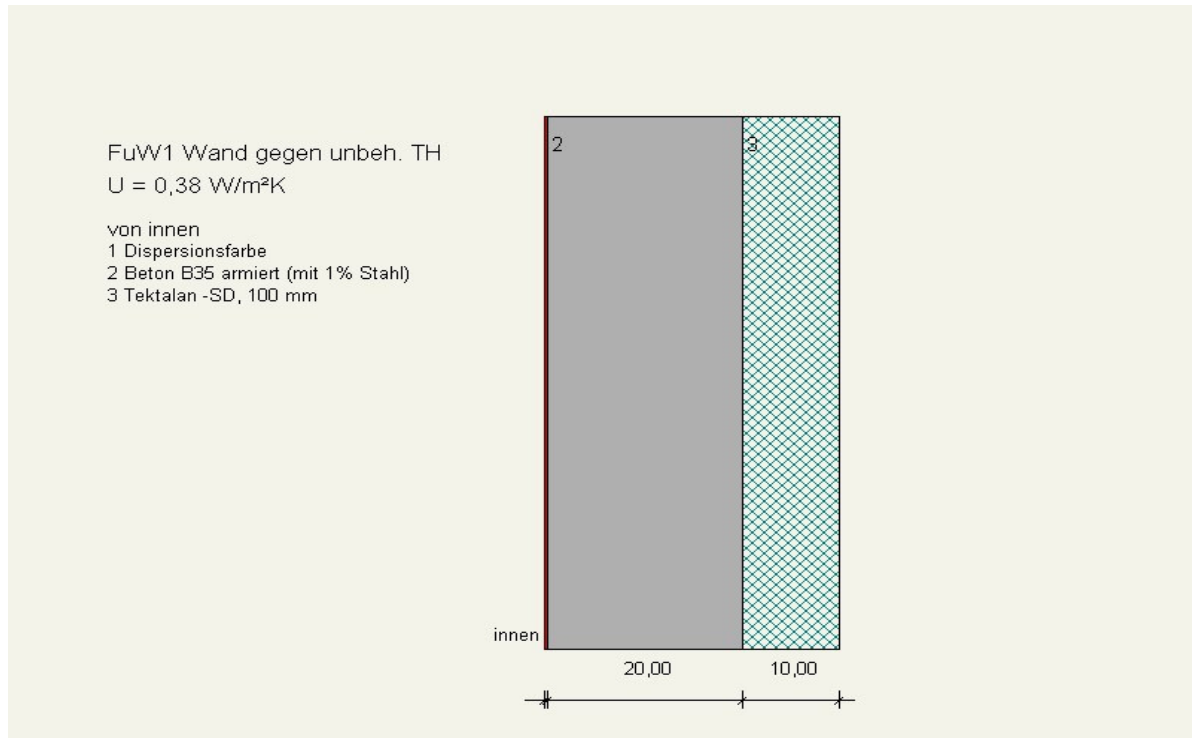
### Querschnitt

| von innen                 | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                  |           |                                |                      |                     | 0,17                      |
| 01 Epoxyharz-Beschichtung | 0,500     | 1200                           | -                    | 0,200               | 0,025                     |
| 02 Beton armiert          | 28,000    | 2400                           | -                    | 2,500               | 0,112                     |
| $R_{se}$                  |           |                                |                      |                     | 0,17                      |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuW1 Wand gegen unbeh. TH



Bauteiltyp "Treppenraumwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                |           |                                |   |                     | 0,13                      |
| 01 Dispersionsfarbe     | 0,020     | 1550                           | - | 1,000               | -                         |
| 02 Beton B35 armiert    | 20,000    | 2400                           | - | 2,300               | 0,087                     |
| 03 Tektalan -SD, 100 mm | 10,000    | -                              | - | 0,044               | 2,273                     |
| $R_{se}$                |           |                                |   |                     | 0,13                      |

**Anlage 2:** „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuW2 Gipskartonständerwand

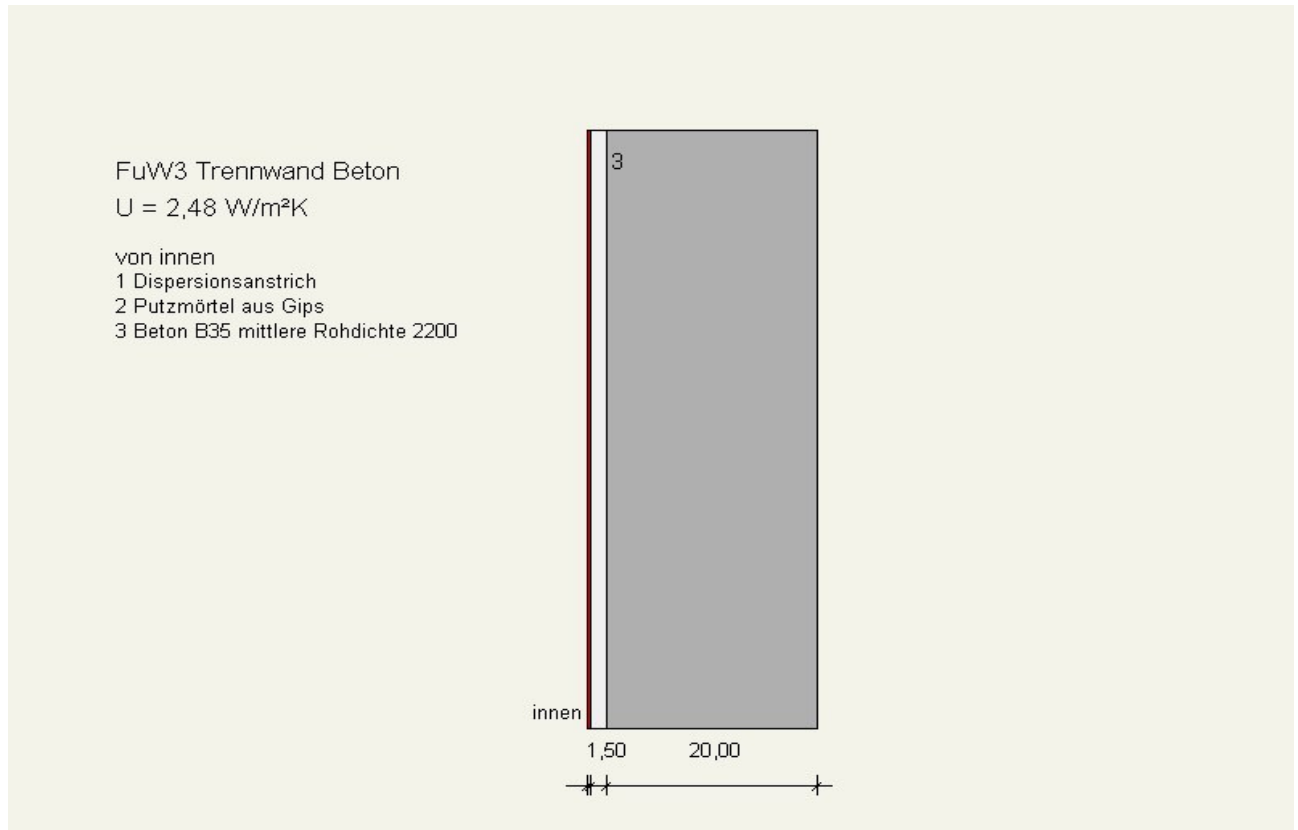
Beschreibung :

|                |  |
|----------------|--|
| <b>Typ:</b>    | Knauf W112   |
| <b>Aufbau:</b> | Dispersionsanstrich<br>2x12,5 GK-Platten<br>CW Profil 50<br>40mm Mineralwolle,22kg/cbm<br>2x12,5 GK Platten<br>Dispersionsanstrich |
| <b>Türen:</b>  | siehe Strählewand, FuW4  |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo  
Bauteil: FuW3 Trennwand Beton



Bauteiltyp "Treppenraumwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|------------------------|-----------|-------------------|---|---------------------|--------------|
| $R_{si}$               |           |                   |   |                     | 0,13         |
| 01 Dispersionsanstrich | 0,020     | 1550              | - | 1,000               | -            |
| 02 Putzmörtel aus Gips | 1,500     | 1400              | - | 0,700               | 0,021        |
| 03 Beton B35           | 20,000    | 2400              | - | 2,350               | 0,121        |
| $R_{se}$               |           |                   |   |                     | 0,13         |



**Anlage 2:** „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Züblin Z-Zwo  
**Bauteil:** FuW4 Strähle Wand 2000

Beschreibung :

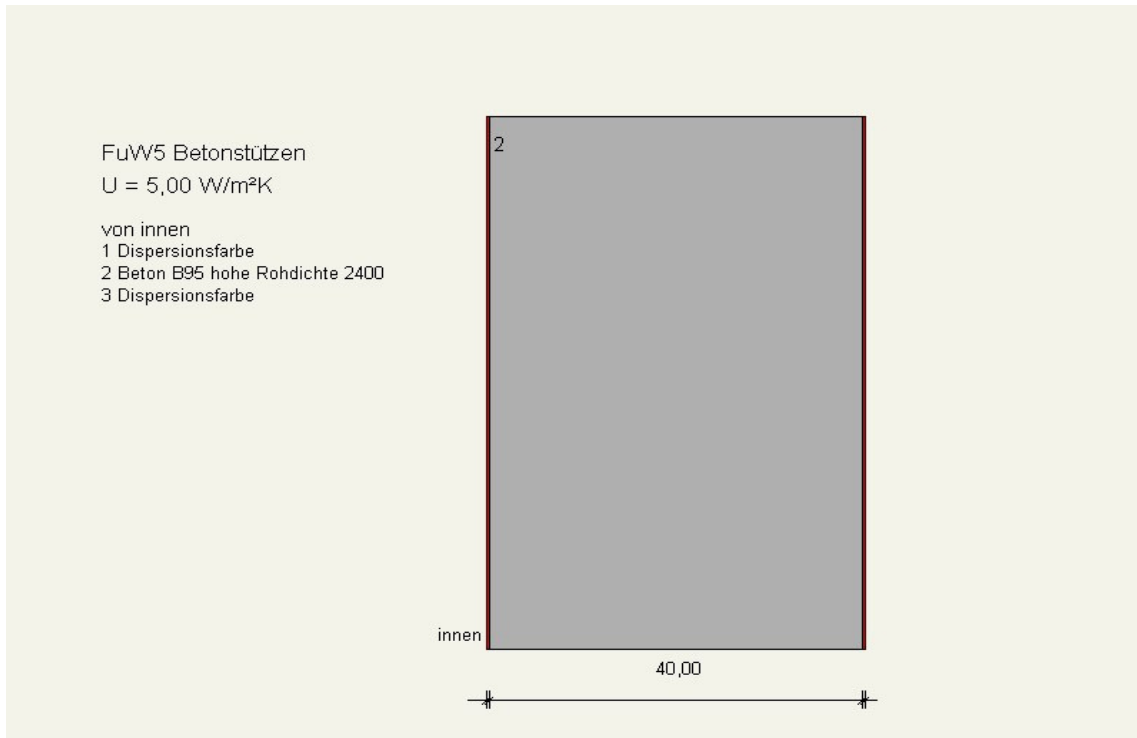
|                               |  |
|-------------------------------|--|
| <b>Typ:</b>                   | <b>Strähle System 2000</b>               |
| <b>Wanddicke:</b>             | <b>100 mm</b>                            |
| <b>Rahmen-Ansichtsbreite:</b> | <b>35 mm</b>                             |
| <b>Verglasung:</b>            | <b>ESG raumhoch</b>                      |
| <b>Rahmenmaterial:</b>        |  |
| <b>Rahmenanteil:</b>          |  |
| <b>Gewicht:</b>               |  |
| <b>Türmaterial</b>            | Holz<br>stumpf geschlagen<br>Rwp = 26 dB |
| <b>Türöffnung:</b>            | 1,01 m x 2,26 m                          |

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: FuW5 Betonstützen ---- BEISPIEL RUNDSTÜTZE



### Querschnitt

| von innen           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------|-----------|--------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>     |           |                                |   |                     |                           |
| 01 Dispersionsfarbe | 0,020     | 1550                           | - | 1,000               |                           |
| 02 Beton B95        | 40,000*   | 2400                           | - | 2,000               |                           |
| 03 Dispersionsfarbe | 0,020     | 1550                           | - | 1,000               |                           |
| R <sub>se</sub>     |           |                                |   |                     |                           |

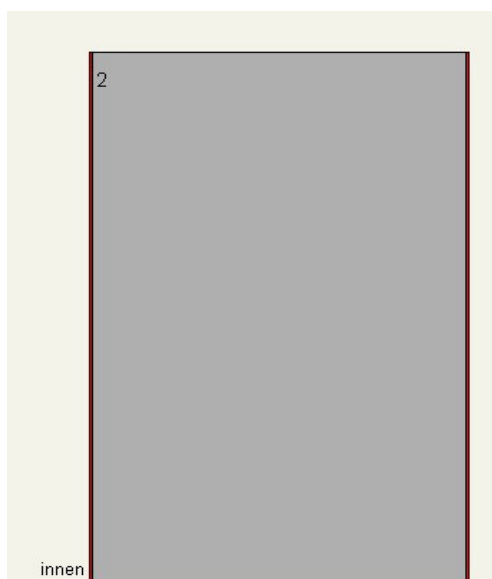
\* Durchmesser  $\emptyset$

## Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Züblin Z-Zwo

Bauteil: FuDA Betonstützen ---- Rechteck-Stützen 35x80cm



### Querschnitt

| von innen           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------|-----------|--------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>     |           |                                |   |                     |                           |
| 01 Dispersionsfarbe | 0,020**   | 1550                           | - | 1,000               |                           |
| 02 Beton            | - *       | 2400                           | - | 2,000               |                           |
| 03 Dispersionsfarbe | 0,020**   | 1550                           | - | 1,000               |                           |
| R <sub>se</sub>     |           |                                |   |                     |                           |

\* Maße 35x80cm

\*\* allseitig

**Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Gewerk: SA Schlosserarbeiten**

| Beschreibung                                | Bauteilnr. | Bauteilaufgliederung                                   | Menge        | Einheit        | Querschnitt       | Volumen V         | Rohdichte | Gewicht Stahl | Gewicht Edel-Stahl |
|---|------------|--|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|--------------------|
|   |            |  |              |                | in m <sup>2</sup> | in m <sup>3</sup> | kg/cbm    | in kg         | in kg              |
| <b>Geländer und Handläufe</b>               |            | Geländerlänge ges.                                     | <b>258,0</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                    |
| Treppengeländer, Innenseite, gewendelt      | 1          | Geländerpfosten d=10mm, alle 1 m, 1,30m                | 335,4        | m              | 0,000079          | 0,026329          | 7800      | 205,365       |                    |
|   | 2          | Handlauf, Edelstahl d = 40 mm, D=3mm                   | 258,0        | m              | 0,000349          | 0,089965          | 7800      |               | 701,724            |
|   | 3          | waagerechte Rundstähle, d=5mm, alle 10 cm, 13 Lagen    | 3.354,0      | m              | 0,000020          | 0,065738          | 7800      | 512,759       |                    |
|   | 4          | Abwicklung beschichtete Stahlfläche                    | 63,2         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
|   |            | Beschichtung unbekannt (anthrazit-matt)                |              |                |                   |                   |           |               |                    |
| <b>Handlauf Treppenhauswand</b>             |            |  | <b>41,0</b>  | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                    |
|   | 1          | Handlauf, Edelstahl d = 40 mm, D=3,00mm                | 41,0         | m              | 0,000349          | 0,014297          | 7800      |               | 111,514            |
| <b>Außengeländer</b>                        |            | Geländerlänge ges.                                     | <b>27,0</b>  | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                    |
| Außengeländer verzinkt. Einfahrt Tiefgarage | 1          | Geländerpfosten, Flachstahl 30x60, alle 1 m, 1,20 hoch | 32,4         | m              | 0,001800          | 0,05832           | 7800      | 454,896       |                    |
|   | 2          | Handlauf Flachstahl 30x60                              | 27,0         | m              | 0,001800          | 0,0486            | 7800      | 379,080       |                    |
|   | 3          | Rundstähle, alle 10 cm, d=20mm 4 Stk.                  | 108,0        | m              | 0,000314          | 0,033929          | 7800      | 264,648       |                    |
|   |            | Abwicklung verzinkte Fläche                            | 16,3         | m <sup>2</sup> |                   |                   |           |               |                    |
| <b>Gitterroste</b>                          |            | Rostfläche ges.  | <b>149,0</b> | <b>qm</b>      |                   |                   |           |               |                    |
|   | 1          | Unterkonstruktion L 80x100x3                           | 132,5        | m              | 0,005400          | 0,7155            | 7800      | 5580,900      |                    |
|   | 2          | Umlauf. Winkelrahmen L 60x60x3                         | 132,5        | m              | 0,003600          | 0,477             | 7800      | 3720,600      |                    |
|   | 3          | Gitterroste MW 10/40 TS 25x3                           | 149,0        | qm             |                   |                   | 26        | 3874,000      |                    |
|   |            | 26kg/m <sup>2</sup>                                    |              |                |                   |                   |           |               |                    |
|   | 4          | Abwicklung verzinkte Fläche nicht mögl.                |              |                |                   |                   |           |               |                    |

**Anlage 2: „Z-Zwo – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|-----------------------------------|---|-----------------------------------|--------------|----------------|----------|---------|----------|-----------|---------|
| <b>Blechabdeckung Pumpensumpf</b> |   |                                   | <b>2,6</b>   | <b>qm</b>      |          |         |          |           |         |
|                                   | 1 | Stahlriffelblech d=4mm            | 2,6          | qm             |          | 0,0104  | 7800     | 81,120    |         |
|                                   | 2 | Umlauf. Winkelrahmen L 60x60x3    | 6,4          | m              | 0,003600 | 0,02304 | 7800     | 179,712   |         |
|                                   | 3 | Abwicklung verzinkte Fläche       | 6,7          | m <sup>2</sup> |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
| <b>Rammschutzrohre TG</b>         |   |                                   | <b>350,0</b> | <b>m</b>       |          |         |          |           |         |
|                                   | 1 | Stahlrohr verzinkt, d=60mm, D=3mm | 350,0        | m              | 0,000537 | 0,18802 | 7800     | 1466,556  |         |
|                                   | 2 | Abwicklung verzinkte Fläche       | 66,0         | m <sup>2</sup> |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   | Erläuterungen                     |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   | d: Durchmesser                    |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   | Rundstähle/Rohre außen            |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   | D: Wandungsdicke                  |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         |          |           |         |
|                                   |   |                                   |              |                |          |         | $\Sigma$ | 16719,637 | 813,238 |

Gewicht  $\Sigma$   
 = 17532,875 kg

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**GEBÄUDETYP:** Bürogebäude/ Verwaltungsgebäude

**Bauteile:**

|  | Nr.                     | Bauteil                              |       |
|--|-------------------------|--------------------------------------|-------|
| <b>Dach</b>                            | <b>FD1</b>              | Flachdach: bekiest                   |       |
|  | <b>FD2<sup>*)</sup></b> | Flachdach: begehbar / Kies           |       |
|  | <b>FD3</b>              | Flachdach: Aufdopplung HEB           |       |
|  | <b>FD4</b>              | Flachdach:Lüftungszentrale           |       |
|  | <b>FD5</b>              | Flachdach: 1.UG gegen Rampe Hof      |       |
|  | <b>FD6</b>              | Flachdach: Anbau EG Hofseite         |       |
| <b>Fenster</b>                         | <b>FF1</b>              | Fenster                              |       |
| <b>Opake Bauteile</b>                  | <b>AW1</b>              | Außenwand: WDVS/ Riemchen            | Beton |
|  | <b>AW2</b>              | Außenwand: WDVS/ Riemchen            | MW    |
|  | <b>AW3</b>              | Außenwand: hinterlüft. Verkleidung   | Beton |
|  | <b>AW4</b>              | Außenwand: hinterlüft. Verkleidung   | MW    |
|  | <b>AW5</b>              | Außenwand: Brüstung EG               |       |
|  | <b>AW6</b>              | Außenwand: Lüftungszentrale          |       |
|  | <b>AW7</b>              | Außenwand: Keller gegen Lichtschacht |       |
|  | <b>AW8</b>              | Außenwand: Glassteinwand             |       |
| <b>Opake Bauteile - Rest</b>           |                         |                                      |       |
| <b>Decken gegen AL nach unten</b>      | <b>ABL1</b>             | Decke: gegen Außenluft nach unten    |       |
| <b>Bauteile gegen Erdreich</b>         | <b>AWE</b>              | Außenwand: gegen Erdreich            |       |
|  | <b>BoPl1</b>            | Bodenplatte: gegen Erdreich          |       |
|  | <b>FDo1</b>             | Decke nach oben gegen Erdreich       |       |
| <b>Trenn. Bauteile</b>                 | <b>FuD1</b>             | Decke: über 1.UG                     |       |
|  | <b>FuD2</b>             | Decke: über 4.OG - Lüftungszentrale  |       |
|  | <b>FuW1</b>             | Wand: zu unbeheizten Räumen          |       |
| <b>Zusätzl. Nachweis n. DIN 4108-2</b> |                         |                                      |       |

<sup>\*)</sup> beim Wärmeschutznachweis nicht berücksichtigt

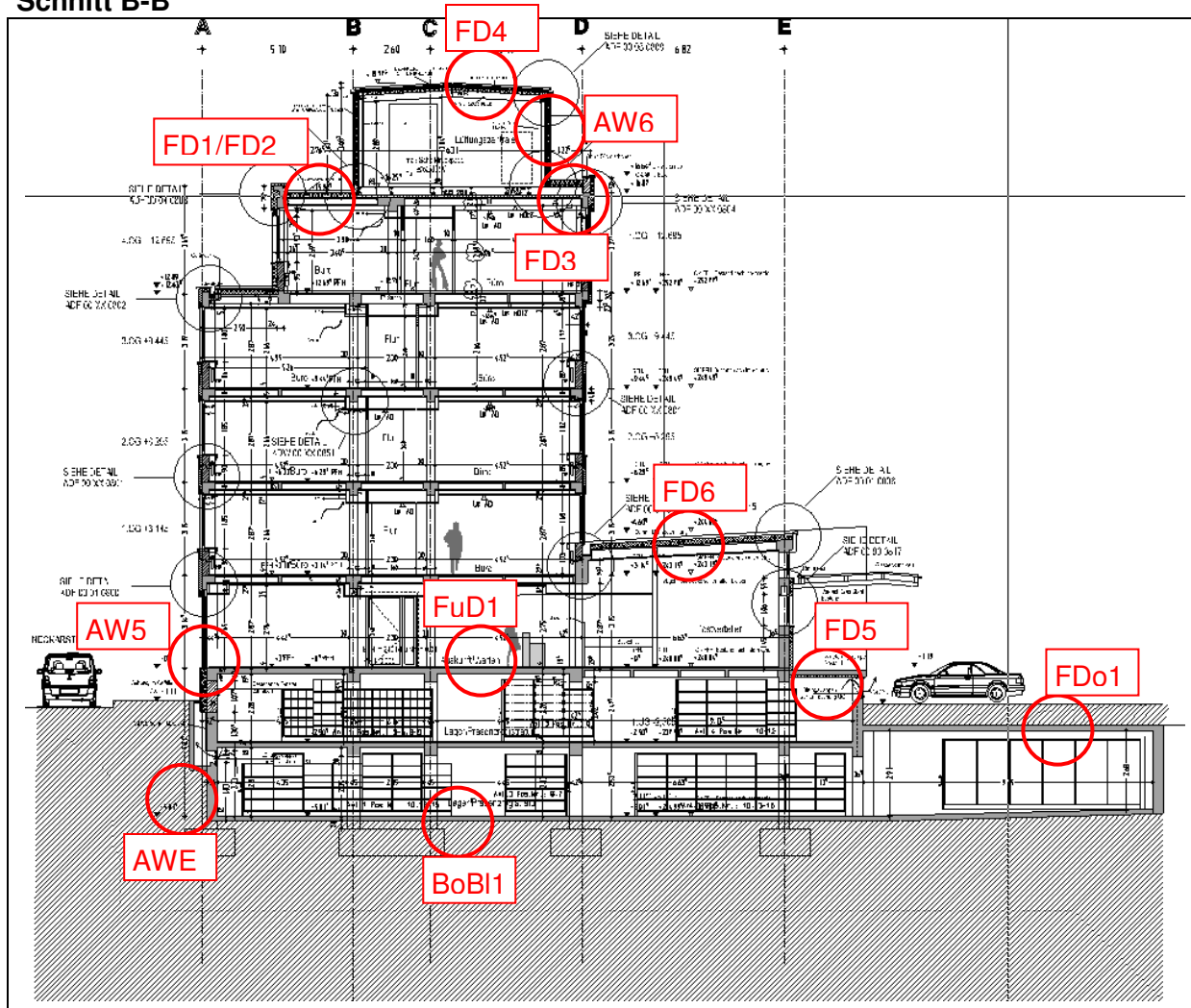
**Generell gilt:**

Die Angaben in den Bauteildatenblättern beziehen sich auf die wärmeschutz- und feuchteschutztechnischen Anforderungen und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit für die Ausführung.

# Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

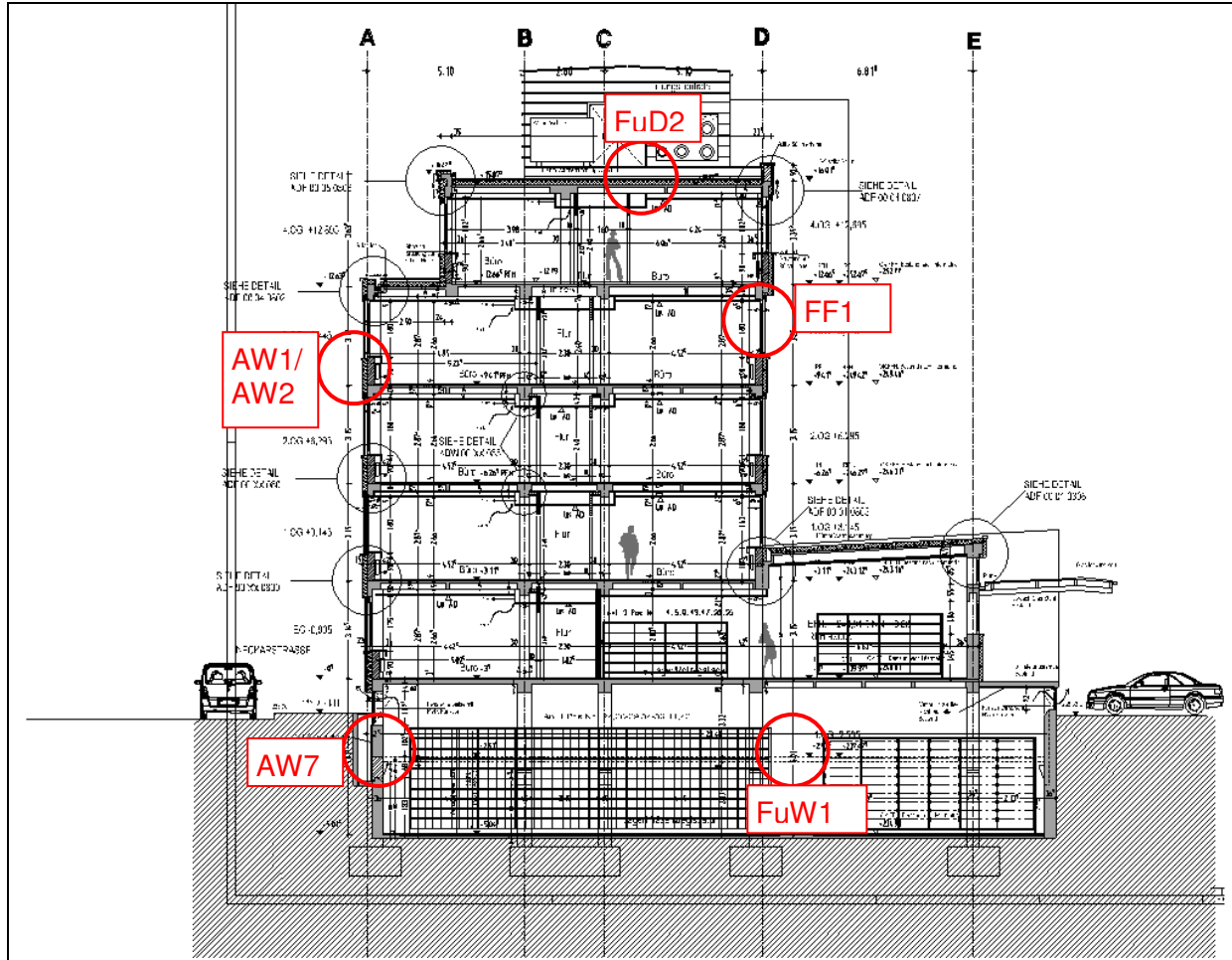
## Pläne

### Schnitt B-B



Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108  
zu Bericht: Kapitel 3.2

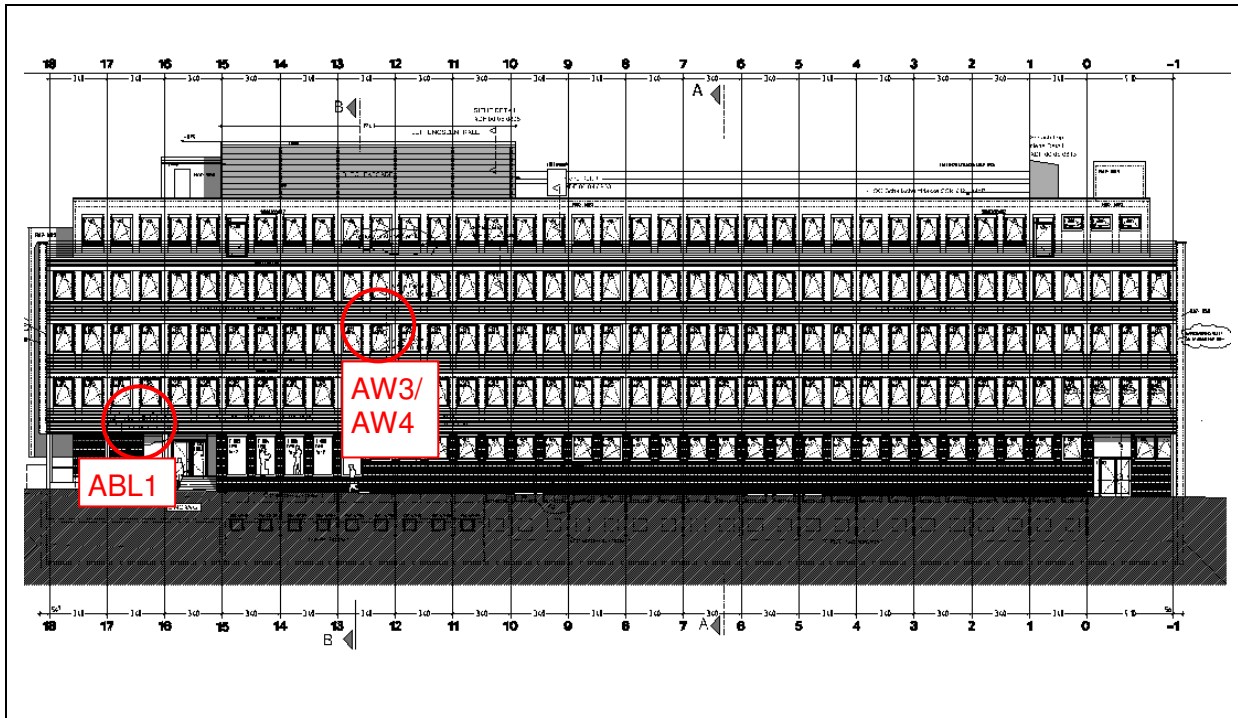
Schnitt A-A



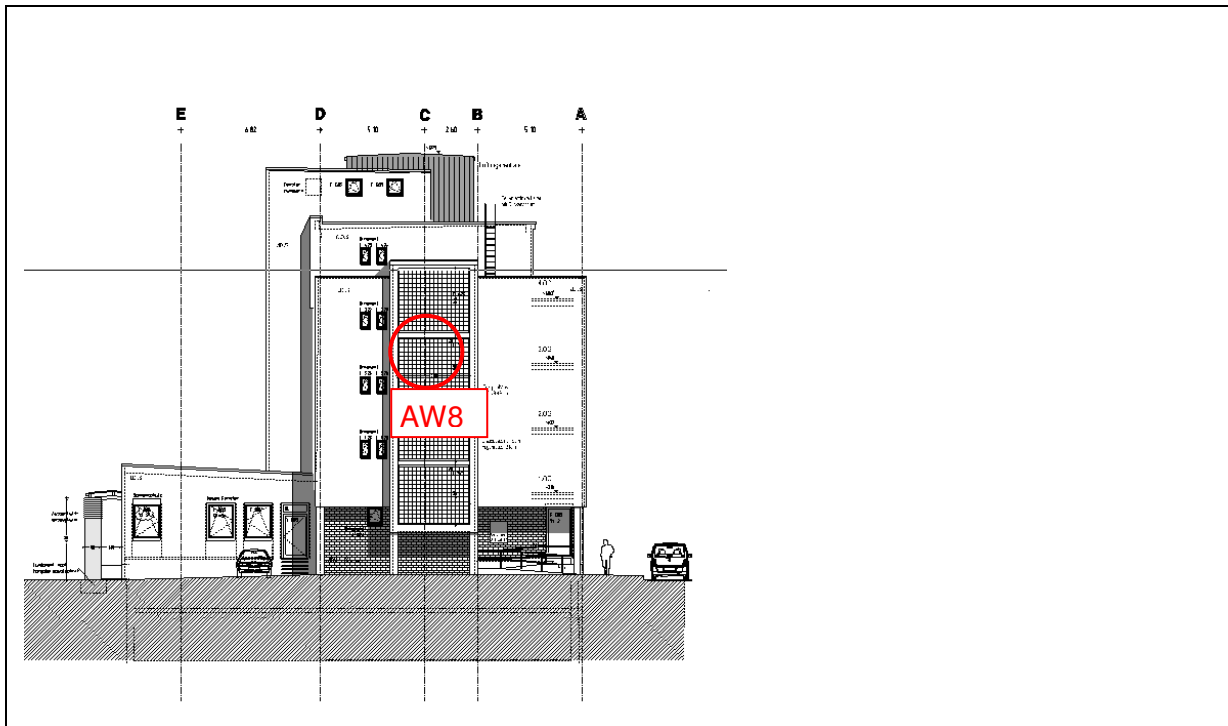


Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108  
zu Bericht: Kapitel 3.2

Ansicht Süd-Ost Neckarstrasse



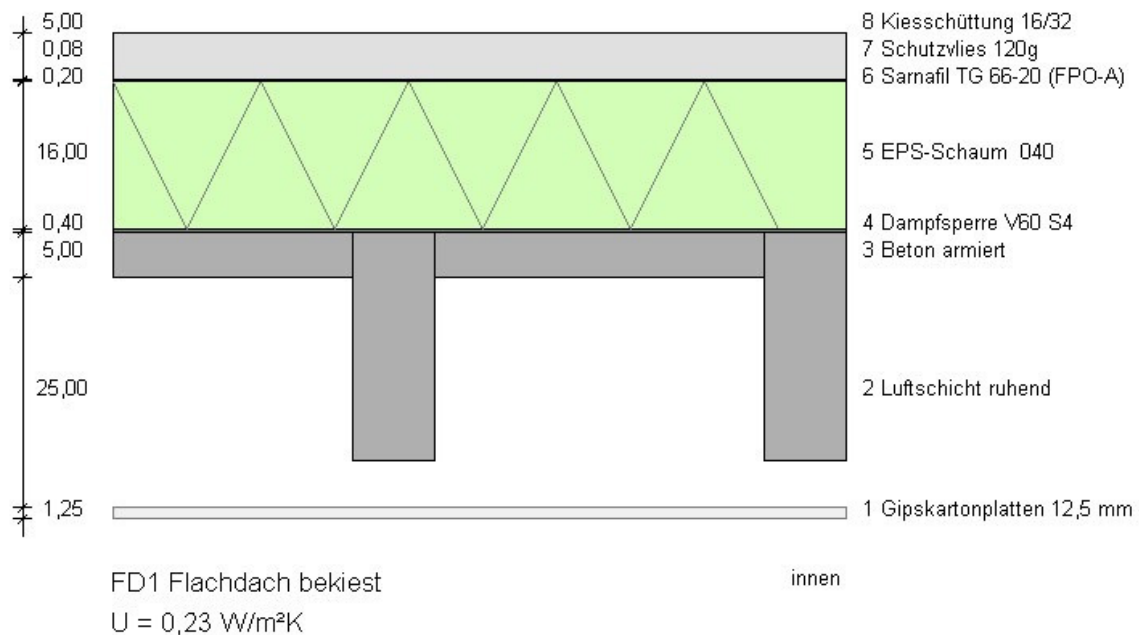
Ansicht Süd-West



## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FD1 Flachdach bekiest



Bauteiltyp "Dachdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                     |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25      | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |
| 02 Luftschicht ruhend        | 25,00     | 1                              | 0,3                            | -                   | 0,160                     |
| 03 Beton armiert             | 5,00      | 2300                           | 115,0                          | 2,500               | 0,020                     |
| 04 Dampfsperre V60 S4        | 0,40      | 1350                           | 5,4                            | -                   | -                         |
| 05 EPS-Schaum 040            | 16,00     | 30                             | 4,8                            | 0,040               | 4,000                     |
| 06 Sarnafil TG 66-20 (FPO-A) | 0,20      | -                              | 2,3                            | -                   | -                         |
| 07 Schutzvlies 120g          | 0,08      | 150                            | 0,1                            | -                   | -                         |
| 08 Kiesschüttung 16/32       | 5,00      | 1800                           | 90,0                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                     |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
|                              | d = 52,93 | G = 229,1                      |                                | $R_T = 4,32$        |                           |

$U_{Gefach} = 0,231$  W/m<sup>2</sup>K

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite           | Achsabstand               | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |             |                           |                       |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                   | 20,0 %        | 321,1 kg/m <sup>2</sup>   |             |                           |                       |
| Rahmenanteil von innen |                           | s<br>[cm]     | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |                       |
| R <sub>Si</sub>        |                           |               |                           |             | 0,100                     |                       |
| 01                     | Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25          | 900                       | 11,3        | -                         | -                     |
| 02                     | Luftschicht ruhend        | 5,00          | 1                         | 0,1         | -                         | 0,160                 |
| 03                     | Beton armiert             | 25,00         | 2300                      | 575,0       | 2,500                     | 0,100                 |
| 04                     | Dampfsperre V60 S4        | 0,40          | 1350                      | 5,4         | -                         | -                     |
| 05                     | EPS-Schaum 040            | 16,00         | 30                        | 4,8         | 0,040                     | 4,000                 |
| 06                     | Sarnafil TG 66-20 (FPO-A) | 0,20          | -                         | 2,3         | -                         | -                     |
| 07                     | Schutzvlies               | 0,08          | 150                       | 0,1         | -                         | -                     |
| 08                     | Kiesschüttung 16/32       | 5,00          | 1800                      | 90,0        | -                         | -                     |
| R <sub>Se</sub>        |                           |               |                           |             |                           | 0,040                 |
|                        |                           | 52,93         |                           | 688,9       |                           | R <sub>T</sub> = 4,40 |

$U_{(R)} = 0,227 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R'_T = 1 / (80,00\% * 1/4,320 + 20,00\% * 1/4,400) = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,10+0,00+0,17+0,02+0,00+4,00+0,00+0,00+0,00+0,04 = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-4 Rahmen-4 Gefach-6 Rahmen-6 Gefach-7  
Rahmen-7 Gefach-8 Rahmen-8

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,231 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

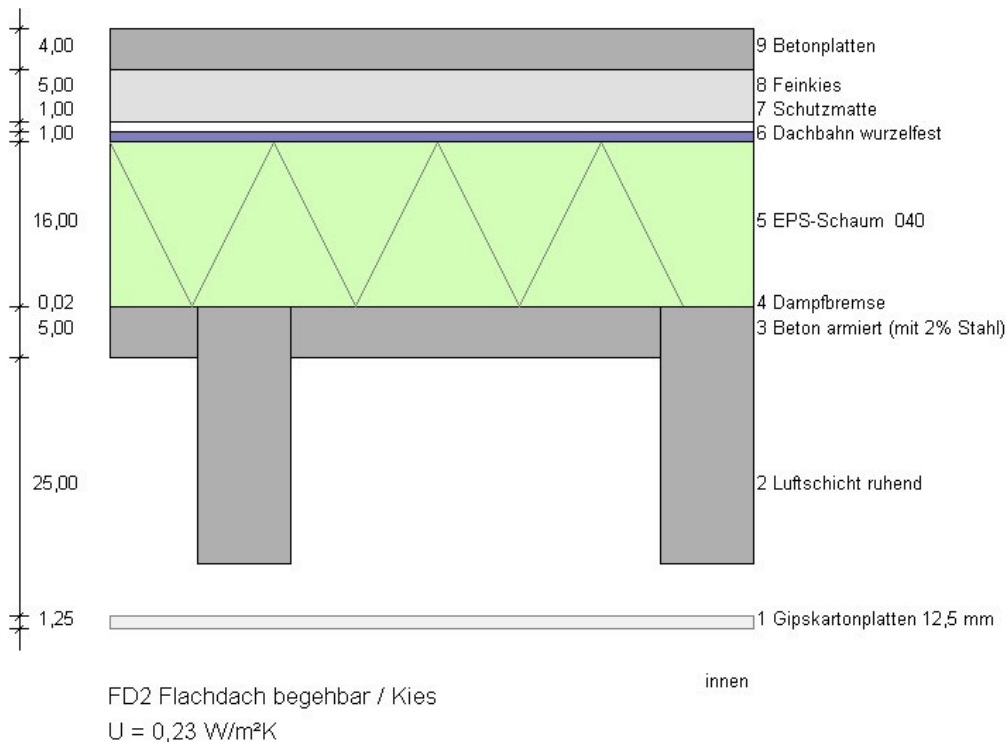
R<sub>(G)</sub> 4,18 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

R<sub>(R)</sub> 4,26 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FD2 Flachdach begehbar / Kies



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                               |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm           | 1,250     | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |
| 02 Luftschicht ruhend                  | 25,000    | 1                              | 0,3                            | -                   | 0,160                     |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl)        | 5,000     | 2400                           | 120,0                          | 2,500               | 0,020                     |
| 04 Dampfbremse                         | 0,020     | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 05 EPS-Schaum 040                      | 16,000    | 30                             | 4,8                            | 0,040               | 4,000                     |
| 06 Dachbahn wurzelfest                 | 1,000     | 1200                           | 12,0                           | -                   | -                         |
| 07 Schutzmatte                         | 1,000     | -                              | 0,3                            | -                   | -                         |
| 08 Feinkies                            | 5,000     | 1800                           | 90,0                           | -                   | -                         |
| 09 Betonplatten                        | 4,000     | 2200                           | 88,0                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                               |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
| d = 58,270      G = 326,8 $R_T = 4,32$ |           |                                |                                |                     |                           |

$U_{Gefach} = 0,231$  W/m<sup>2</sup>K

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite                    | Achsabstand | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |             |                           |  |
|---------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------------------|--|
| 9,0 cm                          | 45,0 cm     | 20,0 %        | 422,8 kg/m <sup>2</sup>   |             |                           |  |
| Rahmenanteil von innen          |             | s<br>[cm]     | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |  |
| R <sub>Si</sub>                 |             |               |                           |             | 0,100                     |  |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm    |             | 1,250         | 900                       | 11,3        | -                         |  |
| 02 Luftschicht ruhend           |             | 5,000         | 1                         | 0,1         | -                         |  |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) |             | 25,000        | 2400                      | 600,0       | 2,500                     |  |
| 04 Dampfbremse                  |             | 0,020         | 1000                      | 0,2         | -                         |  |
| 05 EPS-Schaum 040               |             | 16,000        | 30                        | 4,8         | 0,040                     |  |
| 06 Dachbahn wurzelfest          |             | 1,000         | 1200                      | 12,0        | -                         |  |
| 07 Schutzmatte                  |             | 1,000         | -                         | 0,3         | -                         |  |
| 08 Feinkies                     |             | 5,000         | 1800                      | 90,0        | -                         |  |
| 09 Normalbeton 2200             |             | 4,000         | 2200                      | 88,0        | -                         |  |
| R <sub>Se</sub>                 |             |               |                           |             | 0,040                     |  |
|                                 |             | 58,270        |                           | 806,6       | R <sub>T</sub> = 4,40     |  |

$U_{(R)} = 0,227 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R'_T = 1 / (80,00\% * 1/4,320 + 20,00\% * 1/4,400) = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,10+0,00+0,17+0,02+0,00+4,00+0,00+0,00+0,00+0,04 = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-4 Rahmen-4 Gefach-6 Rahmen-6 Gefach-7  
Rahmen-7 Gefach-8 Rahmen-8 Gefach-9 Rahmen-9

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,34 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,231 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

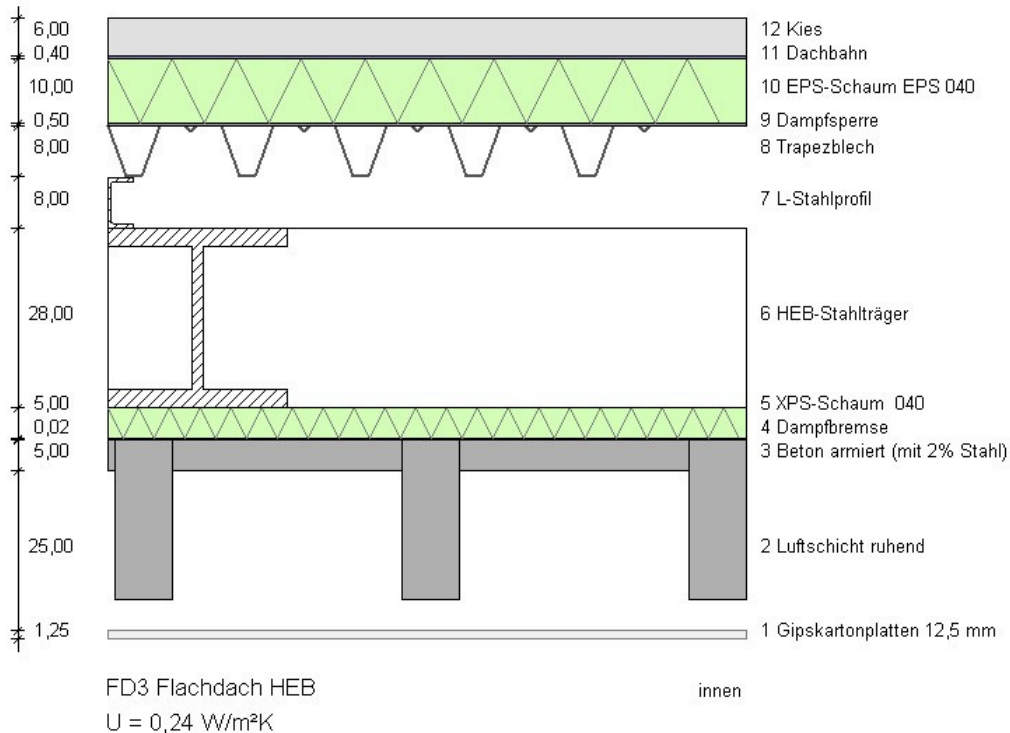
R<sub>(G)</sub> 4,18 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

R<sub>(R)</sub> 4,26 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FD3 Flachdach HEB



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|--|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                               |           |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm           | 1,250     | 900                            | 11,3                | –                         |
| 02 Luftschicht ruhend                  | 25,000    | 1                              | 0,3                 | –                         |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl)        | 5,000     | 2400                           | 120,0               | 2,500                     |
| 04 Dampfbremse                         | 0,020     | 1000                           | 0,2                 | –                         |
| 05 XPS-Schaum 040                      | 5,000     | 30                             | 1,5                 | 0,040                     |
| 06 HEB-Stahlträger                     | 28,000    | –                              | 50,0                | –                         |
| 07 L-Stahlprofil                       | 8,000     | –                              | 11,0                | –                         |
| 08 Trapezblech                         | 8,000     | –                              | –                   | –                         |
| 09 Dampfsperre                         | 0,500     | 1100                           | 5,5                 | 0,230                     |
| 10 EPS-Schaum EPS 040                  | 10,000    | 30                             | 3,0                 | 0,040                     |
| 11 Dachbahn                            | 0,400     | 1200                           | 4,8                 | 0,170                     |
| 12 Kies                                | 6,000     | 1800                           | 108,0               | 0,700                     |
| $R_{se}$                               |           |                                |                     | 0,040                     |
| d = 97,170      G = 315,5 $R_T = 4,20$ |           |                                |                     |                           |

$U_{Gefach} = 0,238$  W/m<sup>2</sup>K

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite                    | Achsabstand | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                           |             |                           |
|---------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| 9,0 cm                          | 45,0 cm     | 20,0 %        | 411,5 kg/m <sup>2</sup>   |                           |             |                           |
| Rahmenanteil von innen          |             |               | s<br>[cm]                 | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>                 |             |               |                           |                           |             | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm    |             |               | 1,250                     | 900                       | 11,3        | -                         |
| 02 Luftschicht ruhend           |             |               | 5,000                     | 1                         | 0,1         | -                         |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) |             |               | 25,000                    | 2400                      | 600,0       | 2,500                     |
| 04 Dampfbremse                  |             |               | 0,020                     | 1000                      | 0,2         | -                         |
| 05 XPS-Schaum 040               |             |               | 5,000                     | 30                        | 1,5         | 0,040                     |
| 06 HEB-Stahlträger              |             |               | 28,000                    | -                         | 50,0        | -                         |
| 07 L-Stahlprofil                |             |               | 8,000                     | -                         | 11,0        | -                         |
| 08 Trapezblech                  |             |               | 8,000                     | -                         | -           | -                         |
| 09 Dampfsperre                  |             |               | 0,500                     | 1100                      | 5,5         | 0,230                     |
| 10 EPS-Schaum EPS 040           |             |               | 10,000                    | 30                        | 3,0         | 0,040                     |
| 11 Dachbahn                     |             |               | 0,400                     | 1200                      | 4,8         | 0,170                     |
| 12 Kies                         |             |               | 6,000                     | 1800                      | 108,0       | 0,086                     |
| R <sub>se</sub>                 |             |               |                           |                           |             | 0,040                     |
|                                 |             |               | 97,170                    |                           | 795,3       | R <sub>T</sub> = 4,28     |

$U_{(R)} = 0,234 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R'_T = 1 / (80,00\% \cdot 1/4,201 + 20,00\% \cdot 1/4,281) = 4,22 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,10+0,00+0,17+0,02+0,00+1,25+0,00+0,00+0,00+0,02+2,50+0,02+0,09+0,04 = 4,22 \text{ m}^2\text{K/W}$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-4 Rahmen-4 Gefach-6 Rahmen-6 Gefach-7

Rahmen-7 Gefach-8 Rahmen-8

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 4,22 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,237 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

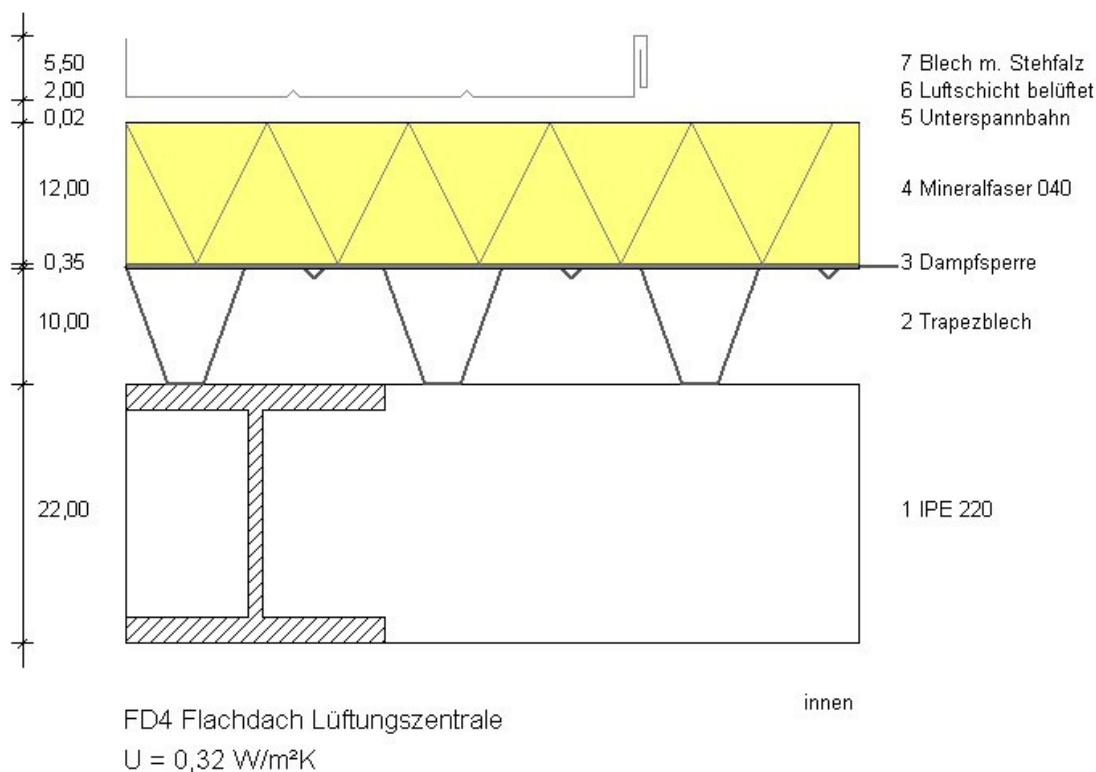
R<sub>(G)</sub> 4,06 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

R<sub>(R)</sub> 4,14 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FD4 Flachdach Lüftungszentrale



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

#### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| 01 IPE 220                            | 22,000    | -                              | 50,0                           | -                   | -                         |
| 02 Trapezblech                        | 10,000    | -                              | -                              | -                   | -                         |
| 03 Dampfsperre                        | 0,350     | 1200                           | 4,2                            | -                   | -                         |
| 04 Mineralfaser 040                   | 12,000    | 20                             | 2,4                            | 0,040               | 3,000                     |
| 05 Unterspannbahn                     | 0,020     | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 06 Luftschicht belüftet               | 2,000     | 1                              | 0,0                            | -                   | -                         |
| 07 Blech m. Stehfalz                  | 5,500     | -                              | 3,7                            | -                   | 0,002                     |
| $R_{se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
| d = 51,870      G = 60,5 $R_T = 3,14$ |           |                                |                                |                     |                           |

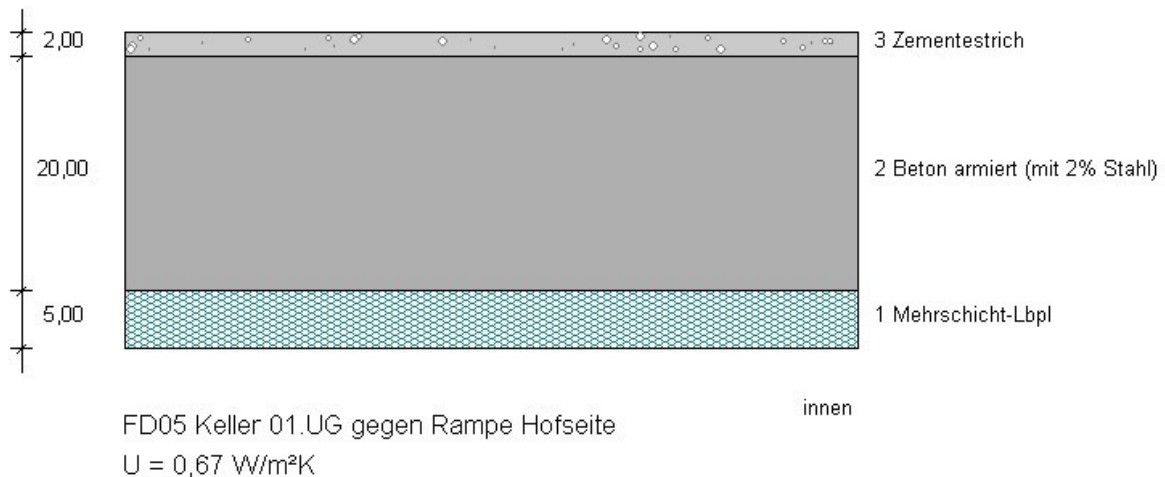
Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,318 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)



## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FD05 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | [kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |              |
|---------------------------------|-----------|-------------------|---------|---------------------|--------------|--------------|
| $R_{si}$                        |           |                   |         |                     | 0,100        |              |
| 01 Mehrschicht-Lbpl             | 5,000     | 50                | 2,5     | 0,040               | 1,250        |              |
| 02 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 20,000    | 2400              | 480,0   | 2,500               | 0,080        |              |
| 03 Zementestrich                | 2,000     | 2000              | 40,0    | 1,400               | 0,014        |              |
| $R_{se}$                        |           |                   |         |                     | 0,040        |              |
| d = 27,000                      |           |                   |         |                     | G = 522,5    | $R_T = 1,48$ |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,674 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

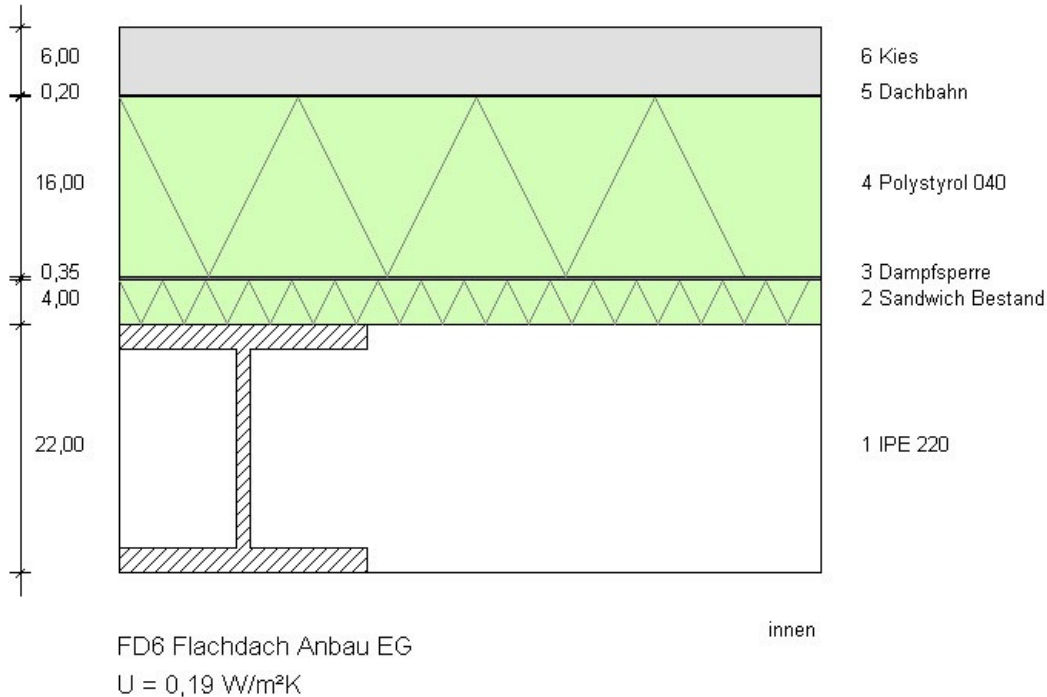
Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 1,34 ≥ 1,20 [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FD6 Flachdach Anbau EG



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m²K/W

### Querschnitt

| von innen           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | $\rho$<br>[kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |      |
|---------------------|-----------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------|------|
| $R_{si}$            |           |                   |                   |                     | 0,100        |      |
| 01 IPE 220          | 22,000    | -                 | 50,0              | -                   | -            |      |
| 02 Sandwich Bestand | 4,000     | 20                | 0,8               | 0,040               | 1,000        |      |
| 03 Dampfsperre      | 0,350     | 1200              | 4,2               | -                   | -            |      |
| 04 Polystyrol 040   | 16,000    | 20                | 3,2               | 0,040               | 4,000        |      |
| 05 Dachbahn         | 0,200     | 1500              | 3,0               | -                   | -            |      |
| 06 Kies             | 6,000     | 1800              | 108,0             | -                   | -            |      |
| $R_{se}$            |           |                   |                   |                     | 0,040        |      |
| $d =$               |           | 48,550            | $G =$             | 169,2               | $R_T =$      | 5,14 |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,195 W/m²K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

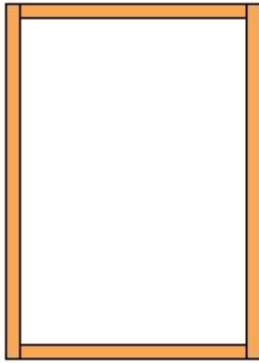
Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      5,00 ≥ 1,20    [m²K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FF1 Fenster



Bauteiltyp "Fenster"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Verglasung + Rahmen

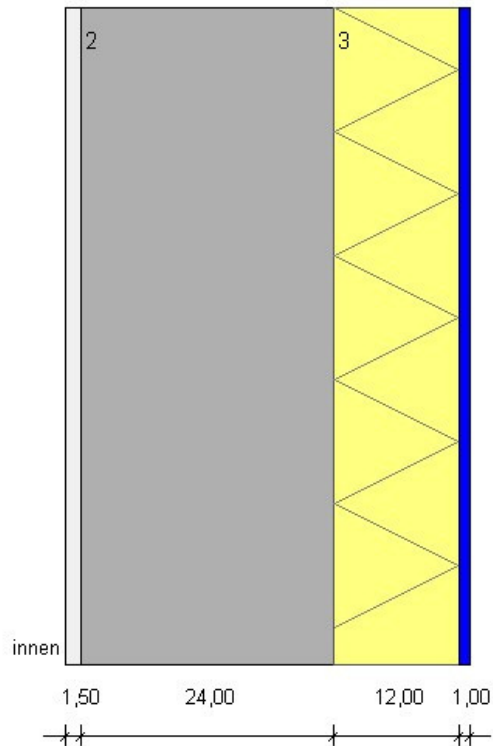
Isolierverglasung Isolar  $U_g$  1.1  
Schüco Royal Aluminium  $U_w$  2.0

$U_w = 1,50$  W/m<sup>2</sup>K wird für die weiteren Berechnungen angenommen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW1 Außenwand WDVS Riemchen



AW2 Außenwand WDVS Riemchen  
 $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Innenputz  
2 Beton armiert (mit 1% Stahl)  
3 EPS 040  
4 Putzbeschichtung/ Riemchen

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Innenputz                          | 1,500     | 1200                           | 18,0                | -                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl)       | 24,000    | 2300                           | 552,0               | 0,104                     |
| 03 EPS 040                            | 12,000    | 20                             | 2,4                 | 3,000                     |
| 04 Putzbeschichtung/ Riemchen         | 1,000     | 1200                           | 12,0                | -                         |
| $R_{se}$                              |           |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 38,500$ $G = 584,4$ $R_T = 3,27$ |           |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,305 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

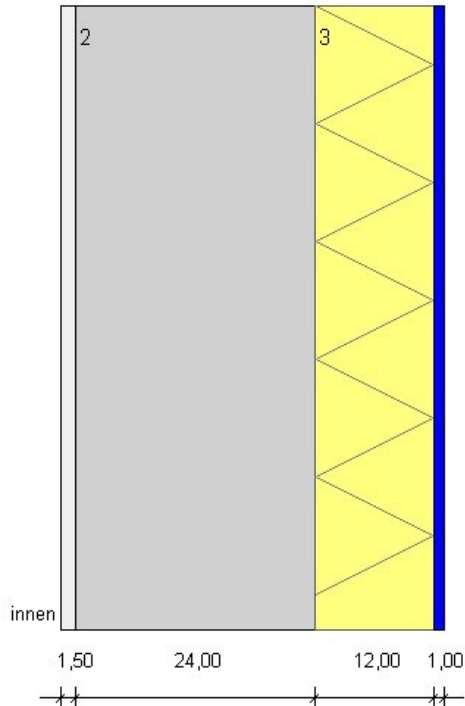
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R \quad 3,10 \geq 1,20 \quad [\text{m}^2\text{K/W}]$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW2 Außenwand WDVS Riemchen



AW2 Außenwand WDVS Riemchen

$U = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Innenputz

2 Mauerwerk

3 EPS 040

4 Putzbeschichtung/ Riemchen

Bauteiltyp "Außenwand"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                     | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                      |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Innenputz                  | 1,500     | 1200                           | 18,0                | -                         |
| 02 Mauerwerk                  | 24,000    | 1800                           | 432,0               | 0,185                     |
| 03 EPS 040                    | 12,000    | 20                             | 2,4                 | 3,000                     |
| 04 Putzbeschichtung/ Riemchen | 1,000     | 1200                           | 12,0                | -                         |
| $R_{se}$                      |           |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 38,500$                  |           |                                |                     |                           |
| $G = 464,4$                   |           |                                |                     |                           |
| $R_T = 3,35$                  |           |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,298 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

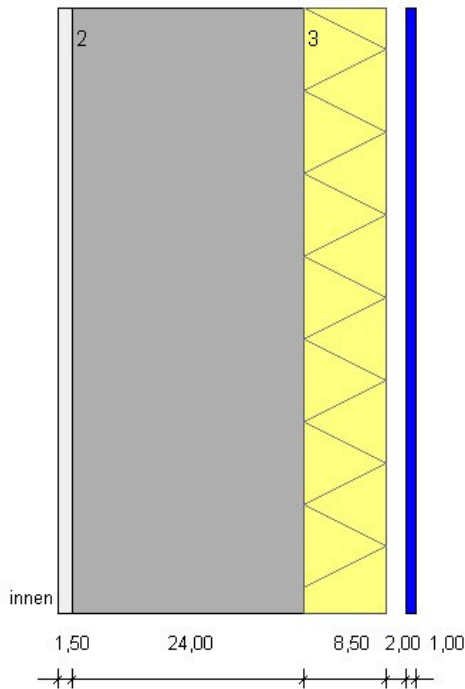
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R  $3,18 \geq 1,20$  [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW3 Außenwand hinterlüft. Verkleidung



AW3 Außenwand hinterlüft. Verkleidung

$U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

- 1 Innenputz
- 2 Beton armiert (mit 1% Stahl)
- 3 Mineralfaser 035
- 4 Luftschicht belüftet
- 5 Verkleidung

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Innenputz                          | 1,500     | 1200                           | 18,0                           | -                   | -                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl)       | 24,000    | 2300                           | 552,0                          | 2,300               | 0,104                     |
| 03 Mineralfaser 035                   | 8,500     | 20                             | 1,7                            | 0,035               | 2,429                     |
| 04 Luftschicht belüftet               | 2,000     | 1                              | 0,0                            | -                   | -                         |
| 05 Verkleidung                        | 0,02      | 2000                           | -                              | -                   | -                         |
| $R_{se}$                              |           |                                |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 37,000$ $G = 591,7$ $R_T = 2,70$ |           |                                |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,370 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

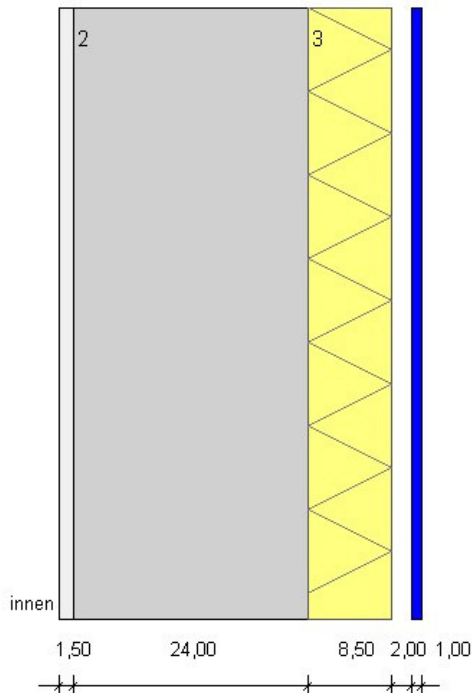
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 2,53 \geq 1,20 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW4 Außenwand hinterlüft. Verkleidung



AW4 Außenwand hinterlüft. Verkleidung  
 $U = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Innenputz  
2 Mauerwerk  
3 Mineralfaser 035  
4 Luftschicht belüftet  
5 Verkleidung

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Innenputz            | 1,500     | 1200                           | 18,0                | -                         |
| 02 Mauerwerk            | 24,000    | 1800                           | 432,0               | 0,185                     |
| 03 Mineralfaser 035     | 8,500     | 20                             | 1,7                 | 2,429                     |
| 04 Luftschicht belüftet | 2,000     | 1                              | 0,0                 | -                         |
| 05 Verkleidung          | 0,02      | 2000                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                |           |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 37,000$            |           | $G = 471,7$                    |                     | $R_T = 2,78$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,359 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

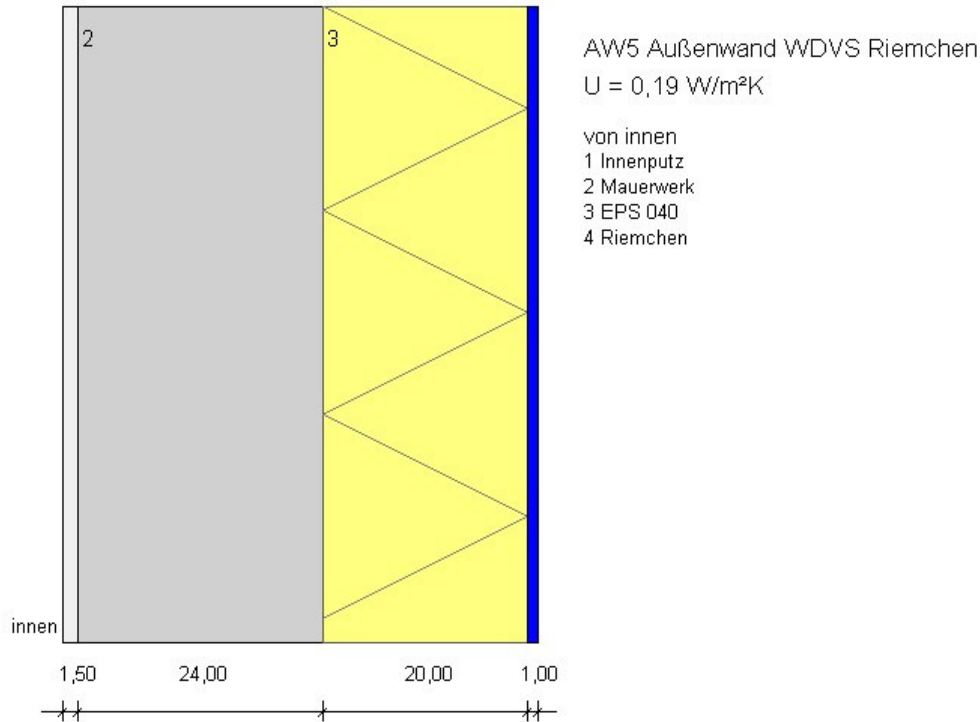
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

$R = 2,61 \geq 1,20 \text{ [m}^2\text{K/W]}$  erfüllt die Anforderungen

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
**Bauteil:** AW5 Außenwand WDVS Riemchen



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |              |
|--------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|
| $R_{si}$     |           |                                |                     | 0,130                     |              |
| 01 Innenputz | 1,500     | 1200                           | 18,0                | -                         |              |
| 02 Mauerwerk | 24,000    | 1800                           | 432,0               | 0,185                     |              |
| 03 EPS 040   | 20,000    | 20                             | 4,0                 | 0,040                     |              |
| 04 Riemchen  | 1,000     | 1200                           | 12,0                | -                         |              |
| $R_{se}$     |           |                                |                     | 0,040                     |              |
| $d = 46,500$ |           |                                |                     | $G = 466,0$               | $R_T = 5,35$ |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

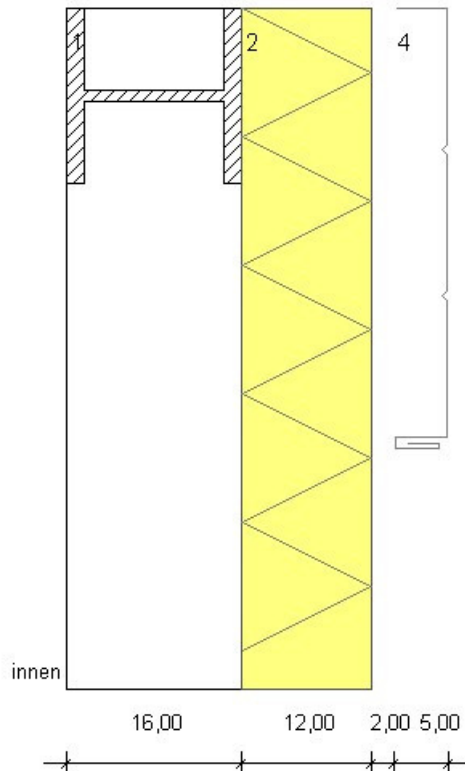
R 5,18  $\geq$  1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen



## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW6 Außenwand Lüftungszentrale



AW6 Außenwand Lüftungszentrale  
 $U = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 HEB 160  
2 Blechkassetten Mineralfaser 040  
3 Luftschicht belüftet  
4 Stehfalzblech

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

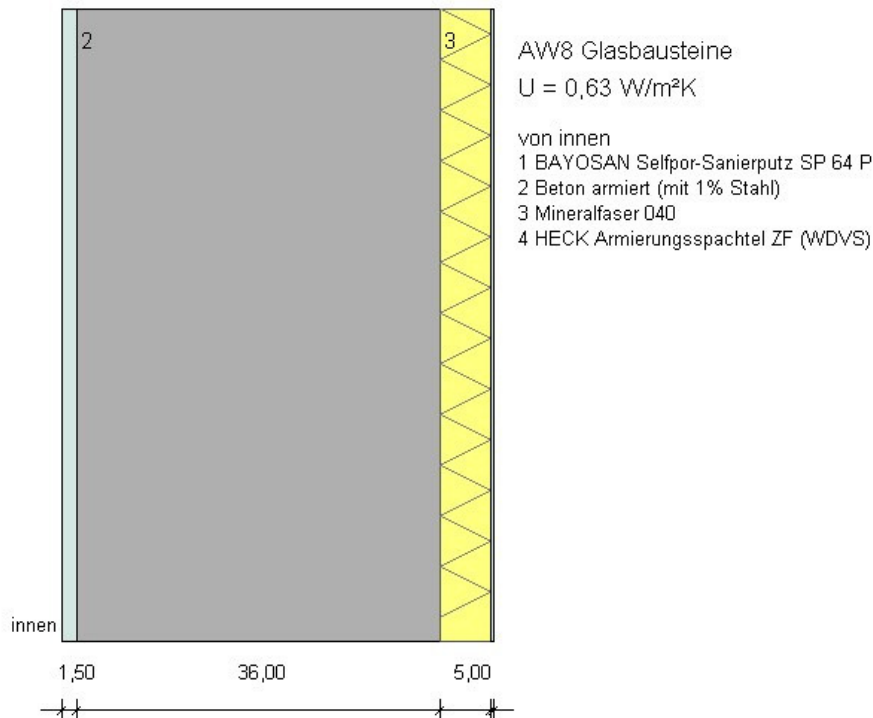
| von innen                          | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                           |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 HEB 160                         | 16,000    | -                              | 50,0                 | -                   | -                         |
| 02 Blechkassetten Mineralfaser 040 | 12,000    | 20                             | 2,4                  | 0,040               | 3,000                     |
| 03 Luftschicht belüftet            | 2,000     | 1                              | 0,0                  | -                   | -                         |
| 04 Stehfalzblech                   | 5,000     | -                              | 4,0                  | -                   | 0,002                     |
| $R_{se}$                           |           |                                |                      |                     | 0,040                     |
| $d = 35,000$                       |           | $G = 56,4$                     |                      | $R_T = 3,17$        |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,315 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW7 Keller gegen Lichtschacht



Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                             | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                              |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 BAYOSAN Selfpor-Sanierputz SP 64   | 1,500     | 1250                           | 18,8                | -                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl)       | 36,000    | 2300                           | 828,0               | 0,157                     |
| 03 Mineralfaser 040                   | 5,000     | 20                             | 1,0                 | 1,250                     |
| 04 HECK Armierungsspachtel ZF (WDVS)  | 0,300     | 1650                           | 5,0                 | -                         |
| $R_{se}$                              |           |                                |                     | 0,040                     |
| $d = 42,800$ $G = 852,7$ $R_T = 1,58$ |           |                                |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 0,634 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

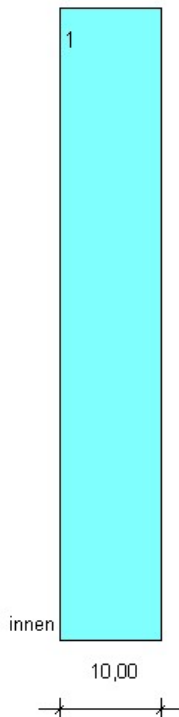
Außenwand in Gebäuden mit normalen Innentemperaturen. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      1,41  $\geq$  1,20    [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AW8 Glasbausteine



AW8 Glasbausteine

$U = 3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Glas

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

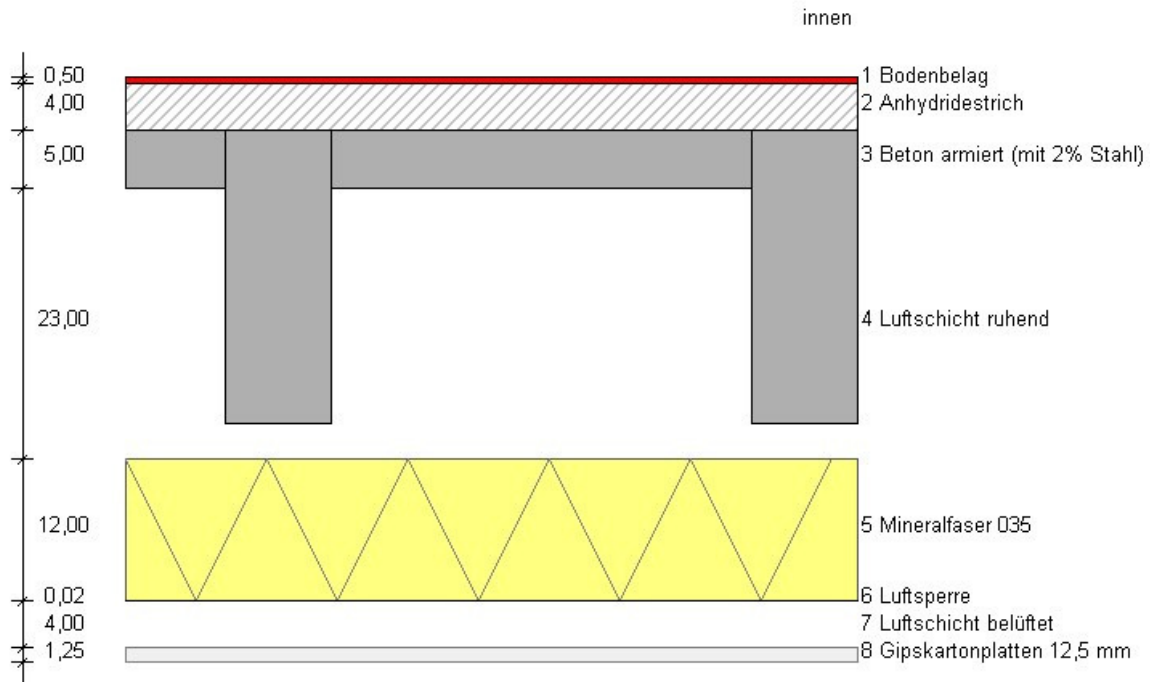
| von innen                                     | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                                      |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 Glas                                       | 10,000    | 1000                           | 100,0                | 0,865               | 0,116                     |
| $R_{se}$                                      |           |                                |                      |                     | 0,040                     |
| $d = 10,000 \quad G = 100,0 \quad R_T = 0,29$ |           |                                |                      |                     |                           |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 3,500 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: ABL1 Decke gegen Außenluft nach unten



ABL1 Decke gegen Außenluft nach unten  
 $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Decke nach unten gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |              |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|--------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,170                     |              |
| 01 Bodenbelag                   | 0,50      | 700                            | 3,5                            | -                   | -                         |              |
| 02 Anhydridestrich              | 4,00      | 2100                           | 84,0                           | 1,200               | 0,033                     |              |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 5,00      | 2400                           | 120,0                          | 2,500               | 0,020                     |              |
| 04 Luftschicht ruhend           | 23,00     | 1                              | 0,2                            | -                   | 0,227                     |              |
| 05 Mineralfaser 035             | 12,00     | 30                             | 3,6                            | 0,035               | 3,429                     |              |
| 06 Luftsperrschicht             | 0,02      | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |              |
| 07 belüftete Luftschicht        | 4,00      | 1                              | 0,0                            | -                   | -                         |              |
| 08 Gipskartonplatten 12,5 mm    | 1,25      | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |              |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,040                     |              |
| $d = 49,77$                     |           |                                |                                |                     | $G = 222,8$               | $R_T = 3,92$ |

$U_{Gefach} = 0,255 \text{ W/m}^2\text{K}$

**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite                    | Achsabstand |                      | zusammengesetztes Bauteil |                  |                      |  |
|---------------------------------|-------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------|--|
| 9,0 cm                          | 45,0 cm     | 20,0 %               | 318,8 kg/m <sup>2</sup>   |                  |                      |  |
| Rahmenanteil von innen          | s           | ρ                    |                           | λ                | R                    |  |
|                                 | [cm]        | [kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ]      | [W/mK]           | [m <sup>2</sup> K/W] |  |
| R <sub>si</sub>                 |             |                      |                           |                  | 0,170                |  |
| 01 Bodenbelag                   | 0,50        | 700                  | 3,5                       | -                | -                    |  |
| 02 Anhydridestrich              | 4,00        | 2100                 | 84,0                      | 1,200            | 0,033                |  |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 25,00       | 2400                 | 600,0                     | 2,500            | 0,100                |  |
| 04 Luftschicht ruhend           | 3,00        | 1                    | 0,0                       | -                | 0,194                |  |
| 05 Mineralfaser 035             | 12,00       | 30                   | 3,6                       | 0,035            | 3,429                |  |
| 06 Luftsperrschicht             | 0,02        | 1000                 | 0,2                       | -                | -                    |  |
| 07 Luftschicht belüftet         | 4,00        | 1                    | 0,0                       | -                | -                    |  |
| 08 Gipskartonplatten 12,5 mm    | 1,25        | 900                  | 11,3                      | -                | -                    |  |
| R <sub>se</sub>                 |             |                      |                           |                  | 0,040                |  |
|                                 | 49,77       |                      | 702,6                     | R <sub>T</sub> = | 3,97                 |  |

$U_{(R)} = 0,252 \text{ W/m}^2\text{K}$

$R'_T = 1 / (80,00\% \cdot 1/3,918 + 20,00\% \cdot 1/3,966) = 3,93 \text{ m}^2\text{K/W}$

$R''_T = 0,17+0,00+0,03+0,02+0,23+3,43+0,00+0,00+0,00+0,04 = 3,93 \text{ m}^2\text{K/W}$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-6 Rahmen-6 Gefach-7 Rahmen-7 Gefach-8 Rahmen-8

$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 3,93 \text{ m}^2\text{K/W}$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,255 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

**Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003**

Decke über Durchfahrt. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

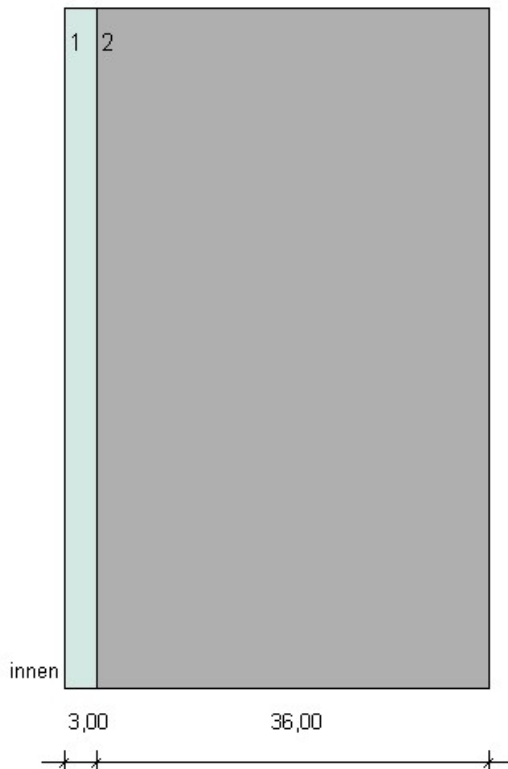
R<sub>(G)</sub> 3,71 ≥ 0,35 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

R<sub>(R)</sub> 3,76 ≥ 0,35 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: AWE Außenwand gegen Erdreich



AWE Außenwand gegen Erdreich  
 $U = 3,49 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Sanierputz  
2 Beton armiert (mit 1% Stahl)

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Sanierputz                   | 3,000     | 1250                           | —                   | —                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 36,000    | 2300                           | 2,300               | 0,157                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,000                     |
| $d = 39,000$                    |           | $G = 865,5$                    |                     | $R_T = 0,29$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 3,490 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

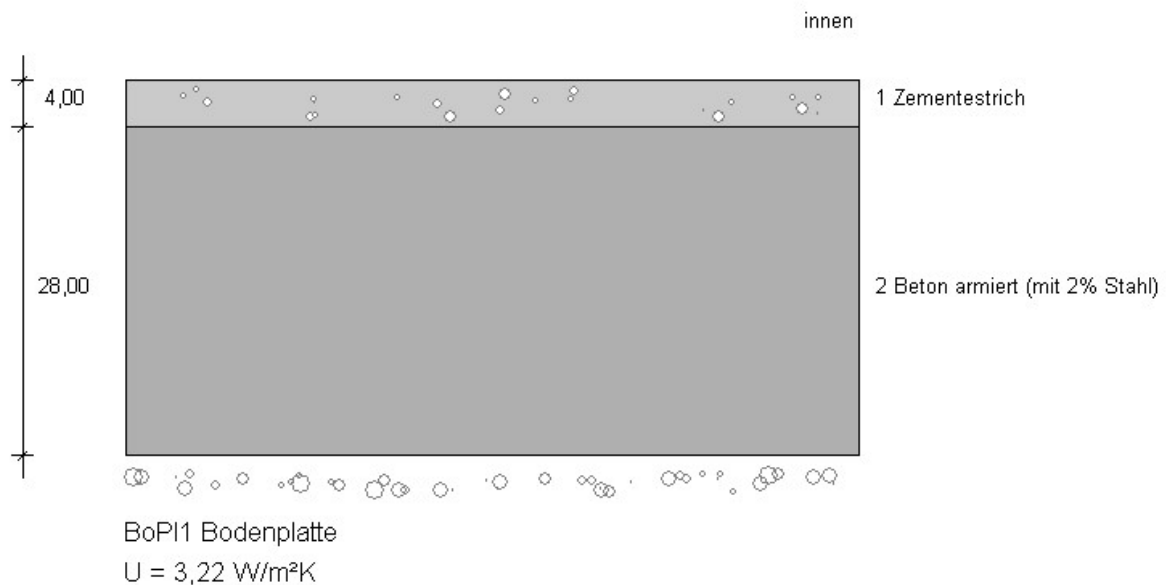
Außenwand gegen Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      0,16 < 1,20    [m<sup>2</sup>K/W]    nicht zulässig

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: BoPI1 Bodenplatte



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m<sup>2</sup>K/W

#### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Zementestrich                | 4,000     | 2000                           | 80,0                | 0,029                     |
| 02 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 28,000    | 2400                           | 672,0               | 0,112                     |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,000                     |
| $d = 32,000$                    |           | $G = 752,0$                    |                     | $R_T = 0,31$              |

Wärmedurchgangskoeffizient U = **3,220 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

#### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

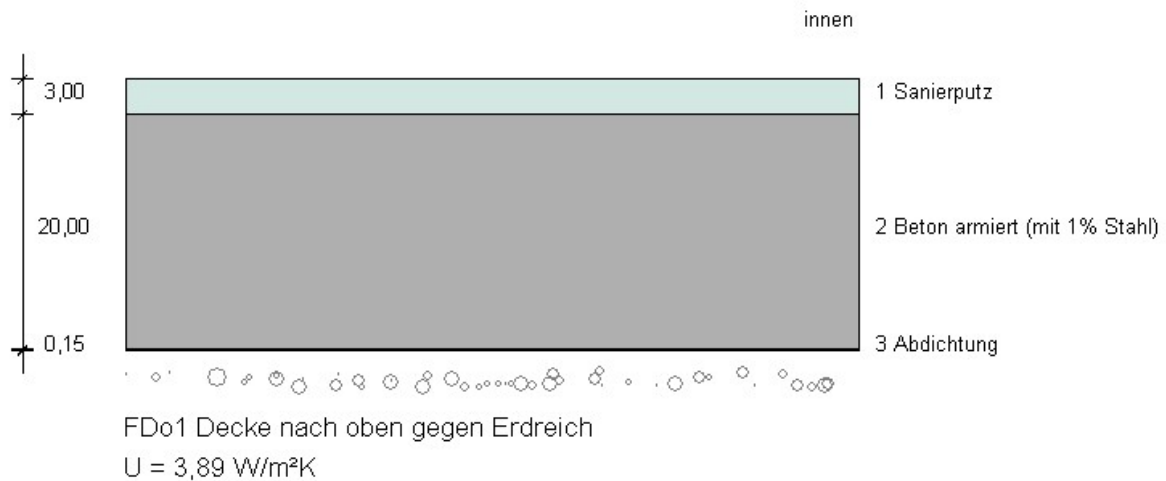
Bodenplatte auf Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R      0,14 < 0,90    [m<sup>2</sup>K/W]    nicht zulässig

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FDo1 Decke nach oben gegen Erdreich



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Sanierputz                   | 3,000     | 1250                           | 37,5                | -                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 20,000    | 2300                           | 460,0               | 0,087                     |
| 03 Abdichtung                   | 0,150     | 1000                           | 1,5                 | -                         |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,000                     |
| $d = 23,150$                    |           | $G = 499,0$                    |                     | $R_T = 0,26$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 3,892 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Bodenplatte auf Erdreich. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

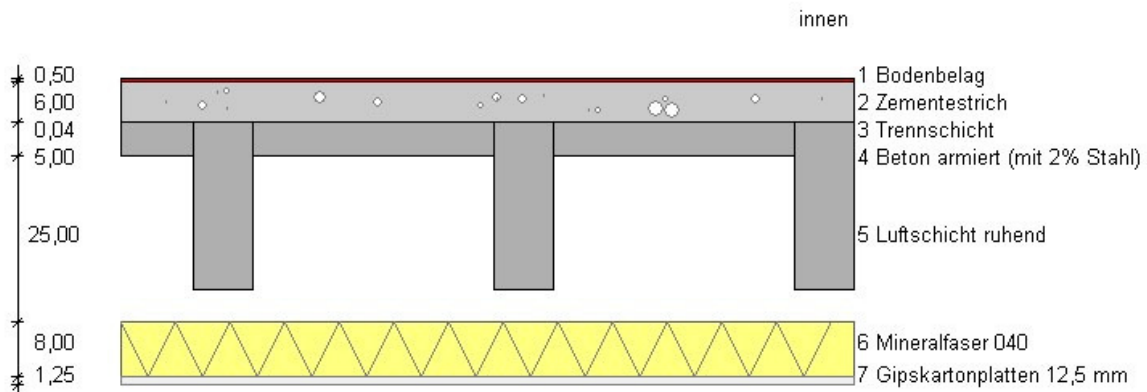
R  $0,09 < 0,90$  [m<sup>2</sup>K/W] nicht zulässig



**Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108**  
zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FuD1 Decke über UG



FuD1 Decke über UG  
 $U = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Kellerdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Bodenbelag                   | 0,500     | 200                            | 1,0                            | -                   | -                         |
| 02 Zementestrich                | 6,000     | 2000                           | 120,0                          | 1,400               | 0,043                     |
| 03 Trennschicht                 | 0,040     | 1000                           | 0,4                            | -                   | -                         |
| 04 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 5,000     | 2400                           | 120,0                          | 2,500               | 0,020                     |
| 05 Luftschicht ruhend           | 25,000    | 1                              | 0,3                            | -                   | 0,228                     |
| 06 Mineralfaser 040             | 8,000     | 20                             | 1,6                            | 0,040               | 2,000                     |
| 07 Gipskartonplatten 12,5 mm    | 1,250     | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,170                     |
| $d = 45,790$                    |           |                                |                                |                     |                           |
| $G = 254,5$                     |           |                                |                                |                     |                           |
| $R_T = 2,63$                    |           |                                |                                |                     |                           |

$U_{Gefach} = 0,380 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Rahmenbereich

| Rahmenbreite           | Achsabstand                  | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                           |             |                           |       |
|------------------------|------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                      | 20,0 %        | 350,5 kg/m <sup>2</sup>   |                           |             |                           |       |
| Rahmenanteil von innen |                              |               | s<br>[cm]                 | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |       |
| R <sub>si</sub>        |                              |               |                           |                           |             | 0,170                     |       |
| 01                     | Bodenbelag                   |               | 0,500                     | 200                       | 1,0         | -                         | -     |
| 02                     | Zementestrich                |               | 6,000                     | 2000                      | 120,0       | 1,400                     | 0,043 |
| 03                     | Trennschicht                 |               | 0,040                     | 1000                      | 0,4         | -                         | -     |
| 04                     | Beton armiert (mit 2% Stahl) |               | 25,000                    | 2400                      | 600,0       | 2,500                     | 0,100 |
| 05                     | Luftschicht ruhend           |               | 5,000                     | 1                         | 0,1         | -                         | 0,210 |
| 06                     | Mineralfaser 040             |               | 8,000                     | 20                        | 1,6         | 0,040                     | 2,000 |
| 07                     | Gipskartonplatten 12,5 mm    |               | 1,250                     | 900                       | 11,3        | -                         | -     |
| R <sub>se</sub>        |                              |               |                           |                           |             | 0,170                     |       |
|                        |                              |               | 45,790                    |                           | 734,3       | R <sub>T</sub> =          | 2,69  |

$$U_{(R)} = 0,371 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / (80,00\% * 1/2,630 + 20,00\% * 1/2,693) = 2,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,17+0,00+0,04+0,00+0,02+0,24+2,00+0,00+0,17 = 2,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-3 Rahmen-3 Gefach-7 Rahmen-7

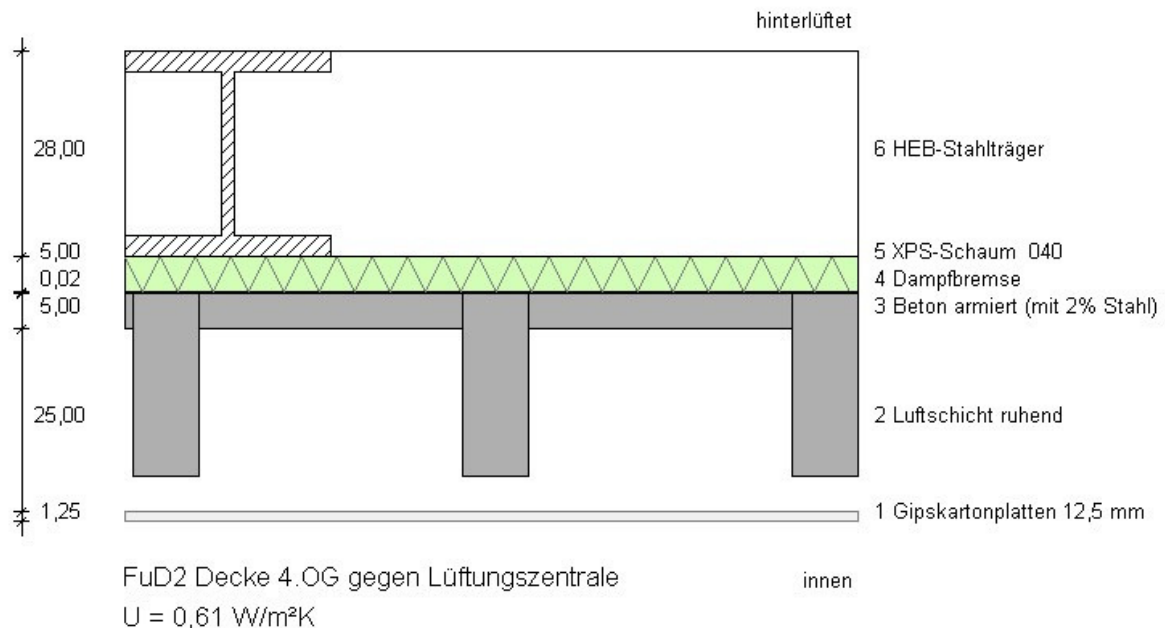
$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 2,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,378 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\rho$<br>[kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm    | 1,250     | 900                            | 11,3                           | -                   | -                         |
| 02 Luftschicht ruhend           | 25,000    | 1                              | 0,3                            | -                   | 0,160                     |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) | 5,000     | 2400                           | 120,0                          | 2,500               | 0,020                     |
| 04 Dampfbremse                  | 0,020     | 1000                           | 0,2                            | -                   | -                         |
| 05 XPS-Schaum 040               | 5,000     | 30                             | 1,5                            | 0,040               | 1,250                     |
| 06 HEB-Stahlträger              | 28,000    | -                              | 50,0                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                        |           |                                |                                |                     | 0,100                     |
| $d = 64,270$                    |           |                                |                                |                     |                           |
| $G = 183,2$                     |           |                                |                                |                     |                           |
| $R_T = 1,63$                    |           |                                |                                |                     |                           |

$U_{Gefach} = 0,613 \text{ W/m}^2\text{K}$

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Rahmenbereich

| Rahmenbreite                    | Achsabstand | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                      |             |                           |
|---------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|
| 9,0 cm                          | 45,0 cm     | 20,0 %        | 279,2 kg/m <sup>2</sup>   |                      |             |                           |
| Rahmenanteil von innen          |             | s<br>[cm]     | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>Si</sub>                 |             |               |                           |                      |             | 0,100                     |
| 01 Gipskartonplatten 12,5 mm    |             | 1,250         | 900                       | 11,3                 | -           | -                         |
| 02 Luftschicht ruhend           |             | 5,000         | 1                         | 0,1                  | -           | 0,160                     |
| 03 Beton armiert (mit 2% Stahl) |             | 25,000        | 2400                      | 600,0                | 2,500       | 0,100                     |
| 04 Dampfbremse                  |             | 0,020         | 1000                      | 0,2                  | -           | -                         |
| 05 XPS-Schaum 040               |             | 5,000         | 30                        | 1,5                  | 0,040       | 1,250                     |
| 06 HEB-Stahlträger              |             | 28,000        | -                         | 50,0                 | -           | -                         |
| R <sub>Se</sub>                 |             |               |                           |                      |             | 0,100                     |
|                                 |             | 64,270        |                           | 663,0                |             | R <sub>T</sub> = 1,71     |

$$U_{(R)} = 0,585 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R'_T = 1 / (80,00\% * 1/1,630 + 20,00\% * 1/1,710) = 1,65 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R''_T = 0,10+0,00+0,17+0,02+0,00+1,25+0,00+0,10 = 1,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R<sub>min</sub> = 0.001 m<sup>2</sup>K/W angenommen: Gefach-1 Rahmen-1 Gefach-4 Rahmen-4 Gefach-6 Rahmen-6

$$R_T = (R'_T + R''_T)/2 = 1,64 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Wärmedurchgangskoeffizient U = **0,608 W/m<sup>2</sup>K** (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Dachdecke. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

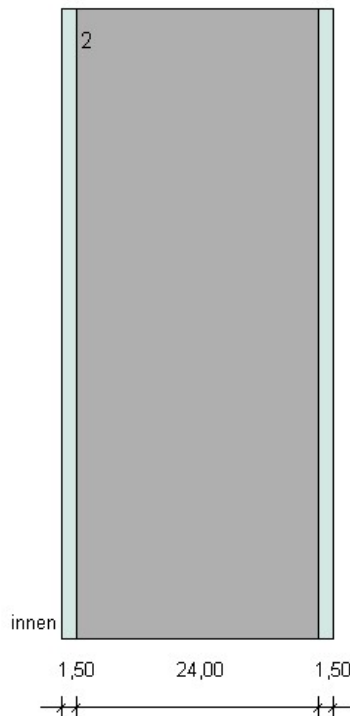
R<sub>(G)</sub> 1,43 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

R<sub>(R)</sub> 1,51 ≥ 1,20 [m<sup>2</sup>K/W] erfüllt die Anforderungen

## Anlage 1: DVA-U-Wert Ermittlung d.Btle mit Nachweis n. DIN 4108 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt Bürogebäude DVA-Neckarstraße  
Bauteil: FuW1 Wand gegen unbeheizte Räume



FuW1 Wand gegen unbeheizte Räume

$U = 2,74 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Sanierputz

2 Beton armiert (mit 1% Stahl)

3 Sanierputz

Bauteiltyp "Wohnungstrennwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Sanierputz                   | 1,500     | 1250                           | 18,8                | -                         |
| 02 Beton armiert (mit 1% Stahl) | 24,000    | 2300                           | 552,0               | 2,300                     |
| 03 Sanierputz                   | 1,500     | 1250                           | 18,8                | -                         |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,130                     |
| $d = 27,000$                    |           | $G = 589,5$                    |                     | $R_T = 0,36$              |

Wärmedurchgangskoeffizient  $U = 2,745 \text{ W/m}^2\text{K}$  (ohne Korrekturen)

### Mindestwerte für Wärmedurchlasswiderstände nach DIN 4108-2:2003

Wand zum indirekt beheizten Treppenraum mit  $T < 10 \text{ }^\circ\text{C}$ , frostfrei.. Mindestanforderungen nach Tabelle 3.

R 0,10 < 0,25 [m<sup>2</sup>K/W] nicht zulässig

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteile:**

|  | Nr.          | Bauteil                                     | Beton/<br>MW  | Beton-<br>stahl | Bewehrungs-<br>grad in % | WSN<br>alt   |
|--|--------------|---|---------------|-----------------|--------------------------|--------------|
| <b>Dach</b>                            | <b>FD1</b>   | Flachdach bekies                            | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               | <b>FD2</b>   |
|  | <b>FD2</b>   | Flachdach Lüftungszentrale                  |               |                 |                          | <b>FD4</b>   |
|  | <b>FD3</b>   | Flachdach 01.UG gegen Rampe                 | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               | <b>FD5</b>   |
|  | <b>FD4</b>   | Hof<br>Flachdach Anbau EG hofseitig         |               |                 |                          | <b>FD6</b>   |
| <b>Fenster</b>                         | <b>FF1</b>   | Fenster Hofseite                            |               |                 |                          | FF1          |
|  | <b>FF2</b>   | Fenster Straßenseite                        |               |                 |                          |              |
|  | <b>FF3</b>   | Sonnenschutz                                |               |                 |                          |              |
| <b>Opake<br/>Bauteile</b>              | <b>AW1</b>   | Außenwand WDVS                              | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>1,2</b>               | <b>AW1/2</b> |
|  | <b>AW2</b>   | Außenwand WDVS mit Riemchen                 |               |                 |                          | <b>AW1/2</b> |
|  | <b>AW3</b>   | Außenwand mit hinterlüfteter<br>Verkleidung |               |                 |                          | <b>AW3/4</b> |
|  | <b>AW4</b>   | Außenwand Lüftungszentrale                  |               |                 |                          | <b>AW6</b>   |
|  | <b>AW5</b>   | Glasbausteinwand                            |               |                 |                          | <b>AW8</b>   |
| <b>Opake Bauteile - Rest</b>           | <b>FuD1</b>  | Decke über 01.UG                            | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               | FuD1<br>FuD2 |
|  | <b>FuD2</b>  | Decke 04.OG gegen<br>Lüftungszentrale       | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               |              |
|  | <b>FuD3</b>  | Innendecke: Fliesen/Werkstein               | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               |              |
|  | <b>FuD4</b>  | Innendecke Linoleum                         | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               |              |
|  | <b>FuD5</b>  | Innendecke mit Beschichtung<br>1./2.UG      | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               |              |
|  | <b>FuW1</b>  | Innenwand                                   |               |                 |                          |              |
|  | <b>FuW2</b>  | Gipskartonständerwand W112                  |               |                 |                          |              |
|  | <b>FuW3</b>  | Betonstützen                                | <b>C20/25</b> | <b>BSt 220</b>  | <b>1,2</b>               |              |
|  | <b>SA</b>    | sonstige Schlosserarbeiten                  |               |                 |                          |              |
| <b>Bauteile<br/>gegen<br/>Erdreich</b> | <b>BoPI1</b> | Bodenplatte                                 | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               | BoPI1        |
|  | <b>AWE</b>   | Außenwand gegen Erdreich                    | <b>C20/25</b> | <b>BSt 420</b>  | <b>2,0</b>               | AWE          |

(Bewehrungsgrade z.T. gemittelt)

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
*Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

| Nr | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                                  | Mengen   | Einheit        | Bemerkungen  |
|----|---------------|---|----------|----------------|--|
| 1  | <b>FD1</b>    | Flachdach Kies  | 791,65   | m <sup>2</sup> |  |
| 2  | <b>FD2</b>    | Flachdach Lüftungszentrale                            | 116,96   | m <sup>2</sup> | Kalzip-Dach ohne Haften  |
| 3  | <b>FD3</b>    | Flachdach 01.UG gegen Rampe Hofseite                  | 121,38   | m <sup>2</sup> |  |
| 4  | <b>FD4</b>    | Flachdach Anbau EG                                    | 398,60   | m <sup>2</sup> |  |
| 5  | <b>FF1</b>    | Fenster Hofseite                                      | 375,20   | m <sup>2</sup> | weitere Angaben siehe BT-Katalog                               |
| 6  | <b>FF2</b>    | Fenster Straßenseite                                  | 379,20   | m <sup>2</sup> | weitere Angaben siehe BT-Katalog                               |
| 7  | <b>FF3</b>    | Sonnenschutz  | 754,40   | m <sup>2</sup> | weitere Angaben siehe BT-Katalog<br>Angabe in m <sup>2</sup>   |
| 8  | <b>AW1</b>    | Außenwand WDVS  | 900,00   | m <sup>2</sup> |  |
| 9  | <b>AW2</b>    | Außenwand WDVS mit Riemchen                           | 690,00   | m <sup>2</sup> |  |
| 10 | <b>AW3</b>    | Außenwand mit hinterlüft Verkleidung (Fensterbereich) | 165,00   | m <sup>2</sup> |  |
| 11 | <b>AW4</b>    | Außenwand Lüftungszentrale                            | 153,40   | m <sup>2</sup> |  |
| 12 | <b>AW5</b>    | Glasbausteinwand                                      | 66,2     | m <sup>2</sup> |  |
| 13 | <b>AWE</b>    | Außenwand gegen Erdreich                              | 837,10   | m <sup>2</sup> |  |
| 14 | <b>BoP11</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich                            | 1748,69  | m <sup>2</sup> |  |
| 15 | <b>FuD1</b>   | Decke über 01.UG                                      | 343,98   | m <sup>2</sup> |  |
| 16 | <b>FuD2</b>   | Decke 04.OG gegen Lüftungszentrale                    | 116,96   | m <sup>2</sup> |  |
| 17 | <b>FuD3</b>   | Innendecke Fliesen                                    | 529,52   | m <sup>2</sup> |  |
| 18 | <b>FuD4</b>   | Innendecke Linoleum                                   | 3.321,48 | m <sup>2</sup> |  |
| 19 | <b>FuD5</b>   | Decke über UG   | 595,25   | m <sup>2</sup> |  |
| 20 | <b>FuW1</b>   | Innenwand Beton                                       | 1.863,24 | m <sup>2</sup> | kleine Anteile Betonwand vorhanden, wurde übermessen (Bestand) |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

|      |             |                            |          |                |  |
|------|-------------|----------------------------|----------|----------------|--|
| 21   | <b>FuW2</b> | Innenwand Ständerwand W112 | 2.503,66 | m <sup>2</sup> | ohne Innentüren, siehe FuW4  |
| 21.1 | <b>FuW4</b> | Holztüren                  | 225,04   | m <sup>2</sup> | keine separate Beschreibung im BT-Katalog  |
| 22   | <b>FuW3</b> | Betonstützen               | 626,25   | lfm            | Betonstützen, quadratisch, ca.36x36cm verputzt und beschichtet (Bestand)                     |
| 23   | <b>SA</b>   | Schlosserarbeiten          | 17009,49 | kg             | genaue Aufschlüsselung siehe BT-Katalog; getrennt nach Stahl und Edelstahl + Beschichtung!!! |

Die Nettogeschossfläche beträgt **6.073,3 m<sup>2</sup>**.

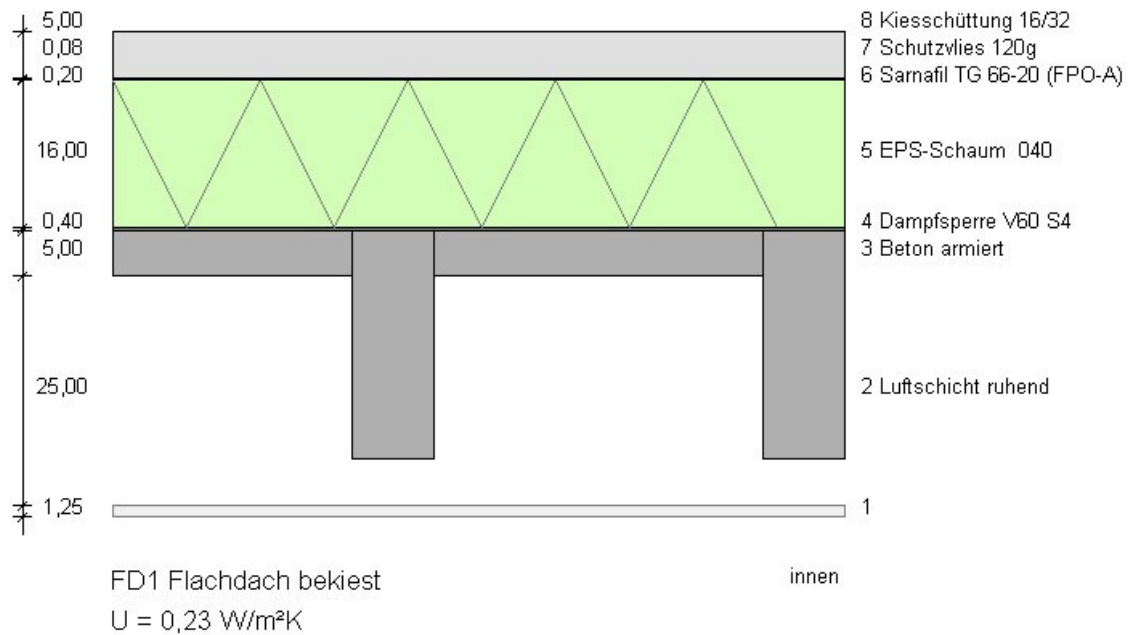
Das Gebäude besitzt keine Tiefgarage.



## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FD1 Flachdach bekiest



Bauteiltyp "Dachdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

| von innen                          | s<br>[cm] | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------------|-----------|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>                    |           |                           |                      |             | 0,100                     |
| 00 Dispersionsanstrich             | 0,04      | 1300                      | –                    | –           | –                         |
| 01 Mineralfaserdecke (OWA 20mm)    | 2,00      | 200                       | –                    | –           | –                         |
| 02 Unterkonstr. OWA-Decke          | 0,013     | 7800                      | –                    | –           | –                         |
| 03 Beton armiert                   | 5,00      | 2300                      | –                    | 2,500       | –                         |
| 04 Dampfsperre V60 S4 alukaschiert | 0,40      | 1350                      | –                    | –           | –                         |
| 05 EPS-Schaum 040                  | 16,00     | 30                        | –                    | 0,040       | –                         |
| 06 Sarnafil TG 66-20 (FPO-A)       | 0,20      | 1150                      | –                    | –           | –                         |
| 07 Polyester-Schutzvlies 300g      | 0,16      | 300                       | –                    | –           | –                         |
| 08 Kiesschüttung 16/32             | 5,00      | 1800                      | –                    | –           | –                         |
| R <sub>se</sub>                    |           |                           |                      |             | 0,040                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

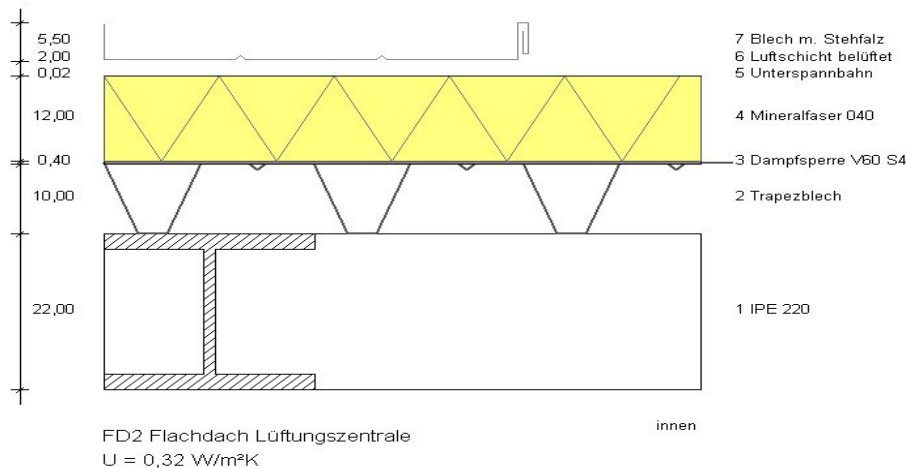
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite           | Achsabstand                     | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                      |        |                      |
|------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                         | 20,0 %        |                           |                      |        |                      |
| Rahmenanteil von innen |                                 |               | s                         | ρ                    | λ      | R                    |
|                        |                                 |               | [cm]                      | [kg/m <sup>3</sup> ] | [W/mK] | [m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>        |                                 |               |                           |                      |        | 0,100                |
| 00                     | Dispersionsanstrich             |               | 0,04                      | 1300                 | -      | -                    |
| 01                     | Mineralfaserdecke (OWA 20mm)    |               | 2,00                      | 200                  | -      | -                    |
| 02                     | Unterkonstr. OWA-Decke          |               | 0,013                     | 7800                 | -      | -                    |
| 03                     | Beton armiert                   |               | 25,00                     | 2300                 | -      | 2,500                |
| 04                     | Dampfsperre V60 S4 alukaschiert |               | 0,40                      | 1350                 | -      | -                    |
| 05                     | EPS-Schaum 040                  |               | 16,00                     | 30                   | -      | 0,040                |
| 06                     | Sarnafil TG 66-20 (FPO-A)       |               | 0,20                      | 1150                 | -      | -                    |
| 07                     | Polyester-Schutzvlies 300g      |               | 0,16                      | 300                  | -      | -                    |
| 08                     | Kiesschüttung 16/32             |               | 5,00                      | 1800                 | -      | -                    |
| R <sub>se</sub>        |                                 |               |                           |                      |        | 0,040                |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FD2 Flachdach Lüftungszentrale



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W

### Querschnitt

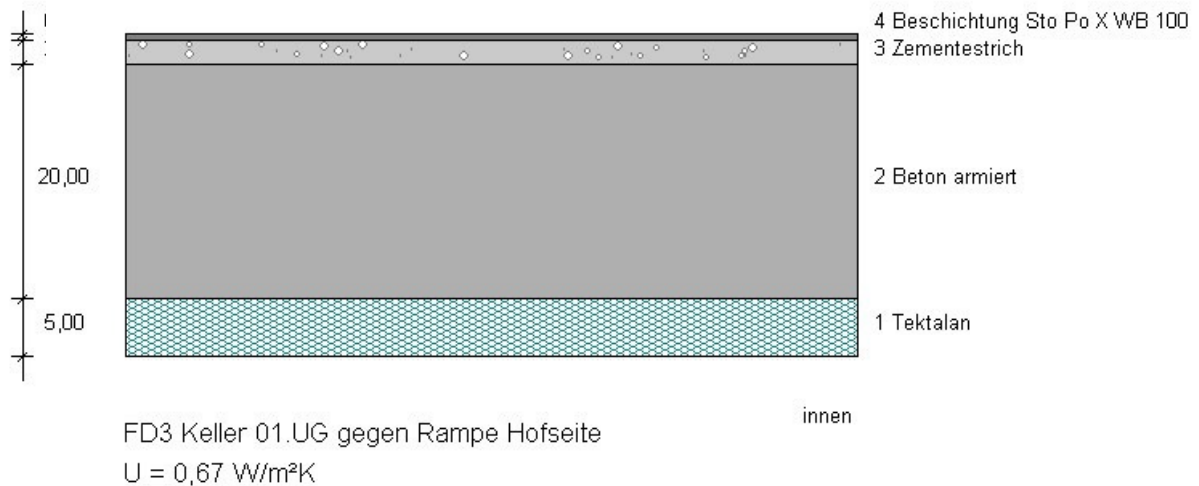
| von innen                          | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                           |           |                                |                     | 0,100                     |
| 01 IPE 220                         | 22,00     | 7800                           | –                   | –                         |
| 02 Trapezblech                     | 0,75      | 7800                           | –                   | –                         |
| 03 Dampfsperre V60 S4 alukaschiert | 0,40      | 1350                           | 0,170               | –                         |
| 04 Mineralfaser 040                | 12,00     | 20                             | 0,040               | –                         |
| 05 Unterspannbahn                  | 0,02      | 1000                           | –                   | –                         |
| 06 Luftschicht belüftet            | 2,00      | 1                              | –                   | –                         |
| 07 Blech m. Stehfalz (Hoesch)      | 0,05      | 7800                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                           |           |                                |                     | 0,040                     |

Achsabstand Sparren IPE 220: 3,40m (vgl. Tragwerksraster Gebäude)

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA Neckarstr., Stuttgart  
**Bauteil:** FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

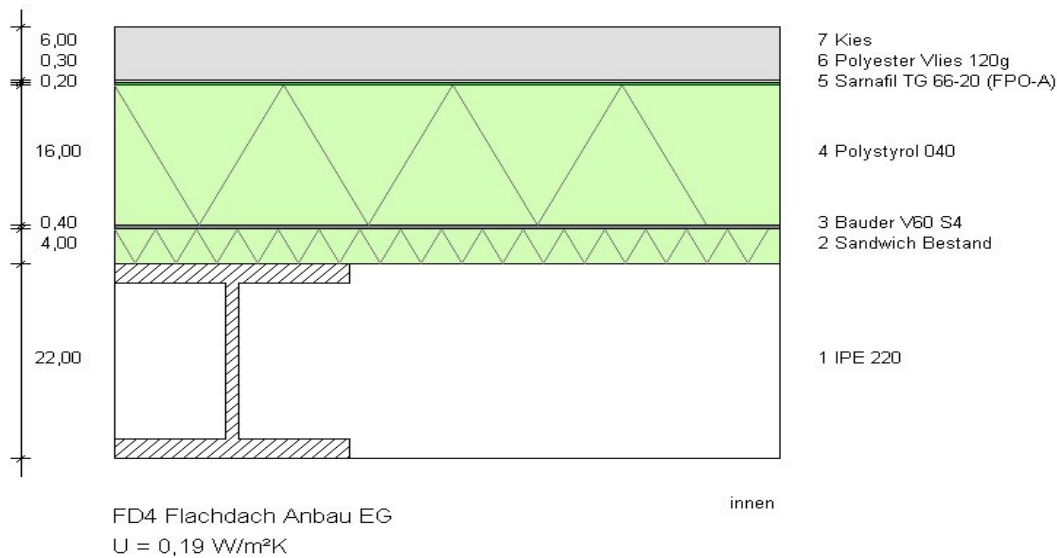
**Querschnitt**

| von innen                       | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                        |           |                                |                     | 0,100                     |
| 01 Tektalan                     | 5,00      | -                              | 0,040               | -                         |
| 02 Beton armiert                | 20,00     | 2300                           | 2,500               | -                         |
| 03 Zementestrich                | 2,00      | 2000                           | 1,400               | -                         |
| 04 Beschichtung Sto Po X WB 100 | -         | 1200                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                        |           |                                |                     | 0,040                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA Neckarstr., Stuttgart  
**Bauteil:** FD4 Flachdach Anbau EG



Bauteiltyp "Decke gegen die Außenluft"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen                     | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                      |           |                                |                     | 0,100                     |
| 01 IPE 220                    | 22,00     | 7800                           | –                   | –                         |
| 02 Sandwich Bestand           | 4,00      | –                              | 0,040               | –                         |
| 03 Bauder V60 S4 alukaschiert | 0,40      | 1350                           | 0,170               | –                         |
| 04 Polystyrol 040             | 16,00     | 30                             | 0,040               | –                         |
| 05 Sarnafil TG 66-20 (FPO-A)  | 0,20      | 1150                           | –                   | –                         |
| 06 Polyester Vlies 300g       | 0,16      | 300                            | –                   | –                         |
| 07 Kies                       | 6,00      | 1800                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                      |           |                                |                     | 0,040                     |

**Achsabstand Sparren IPE 220: 3,40m (vgl. Tragwerksraster Gebäude)**

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt DVA  
 Bauteil: FF1 Fenster Hofseite

Beschreibung Fenster Lochfassade

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| <b>Verglasung</b>                | Material: Floatglas<br>Dicke: Float 6mm, SZR , Float 6mm<br>Hersteller/Typ: Isolar<br>Beschichtung: -<br>Ug-Wert: 1,1 W/m <sup>2</sup> K   |
| <b>Rahmen</b>                    | Material: therm. getrenntes Alu-Profil<br>Typ: Schüco Royl S70.HI<br>Uf: 2,0 W/m <sup>2</sup> K<br>Rahmenanteil: 42%<br>Rahmenbreite: 18cm |
| <b>Randverbund:</b>              | Material: EPDM Dichtungsband innen/außen<br>747 lfm<br>PVC - Kleber  |
| <b>Regelfenster<sup>1)</sup></b> | Lochmaß: bxh 1,33x1,85m<br>Scheibengröße: bxh 0,97x1,49m<br>Anteil: 78%  |

1) restliche Fenster wurden übermessen und ihre m<sup>2</sup> zur Gesamtfläche übernommen

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
 Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt DVA  
 Bauteil: FF2 Fenster Straßenseite

Beschreibung Fenster Lochfassade

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Verglasung</b>                | Material: Floatglas<br>Dicke: Float 6mm, SZR , Float 9mm<br>Hersteller/Typ: Isolar<br>Beschichtung: -<br>Ug-Wert: 1,1 W/m²K   |
| <b>Rahmen</b>                    | Material: therm. getrenntes Alu-Profil<br>Typ: Schüco Royl S70.HI<br>Uf: 2,0 W/m²K<br>Rahmenanteil: 42%<br>Rahmenbreite: 18cm |
| <b>Randverbund:</b>              | Material: EPDM Dichtungsband innen/außen<br>754 lfm<br>PVC - Kleber   |
| <b>Regelfenster<sup>1)</sup></b> | Lochmaß: bxh 1,33x1,85m<br>Scheibengröße: bxh 0,97x1,49m<br>Anteil Fassade: 77%   |

1) restliche Fenster wurden übermessen und ihre m² zur Gesamtfläche übernommen

**Anlage 2:** *DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** Züblin Z-Zwo  
**Bauteil:** FF3 Sonnenschutz

Beschreibung : Raffstore

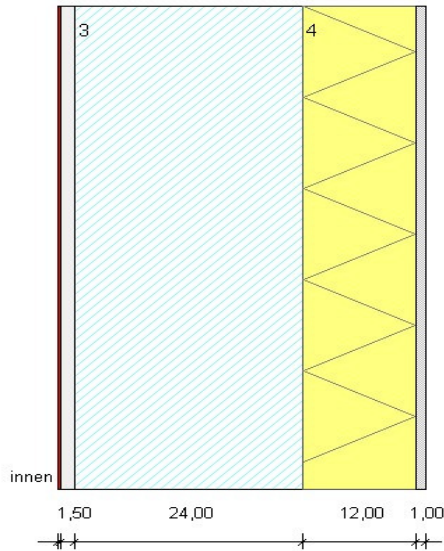
|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| <b>Material:</b>       | <b>Flachlamelle 60mm Aluminium</b> |
| <b>Hersteller/Typ:</b> | <b>WAREMA E60 AF</b>               |
| <b>Antrieb:</b>        | <b>Elektro-Motor</b>               |
| <b>Behanghöhe</b>      | <b>1,85m</b>                       |
| <b>Behangbreite</b>    | <b>1,30m</b>                       |



**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA Neckarstr., Stuttgart  
**Bauteil:** AW1 Außenwand WDVS



AW1 Außenwand WDVS  
 $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

- von innen  
1 Dispersionsfarbe  
2 Putzmörtel aus Gips  
3 HLz 1800  
4 EPS Sto PS SE15  
5 Kalkzementputz

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

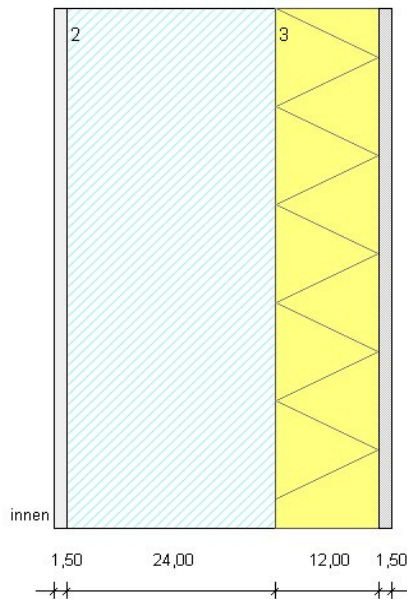
**Querschnitt**

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] |   | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |   |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsfarbe    | 0,02      | 1550                           | - | 1,000               | -                         |
| 02 Putzmörtel aus Gips | 1,50      | 1400                           | - | 0,700               | -                         |
| 03 HLz 2000            | 24,00     | 2000                           | - | 0,810               | -                         |
| 04 EPS Sto PS SE15     | 12,00     | 20                             | - | 0,040               | -                         |
| 05 Kalkzementputz      | 1,00      | 1800                           | - | 0,870               | -                         |
| 06 Silikatfarbe        | 0,08      | 1300                           | - | -                   | -                         |
| $R_{se}$               |           |                                |   |                     | 0,040                     |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: AW2 Außenwand WDVS Riemchen



AW2 Außenwand WDVS Riemchen  
 $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Putzmörtel aus Gips  
2 Mauerwerk  
3 EPS Sto PS SE 15  
4 Mauerwerksklinker

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

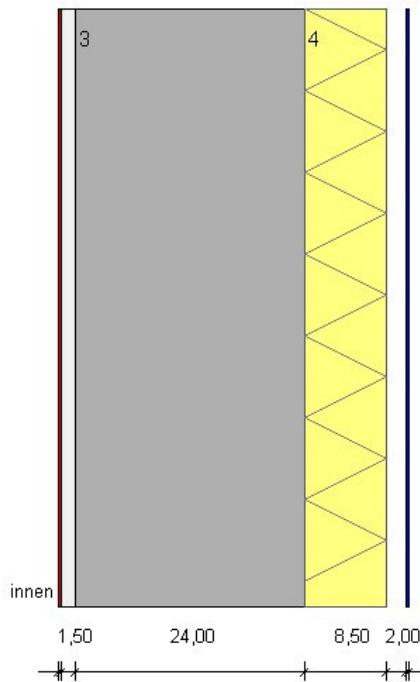
| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 00 Dispersionfarbe     | 0,02      | 1550                           | -                    | -                   | -                         |
| 01 Putzmörtel aus Gips | 1,50      | 1400                           | -                    | 0,700               | -                         |
| 02 HLz 1800            | 24,00     | 1800                           | -                    | 0,810               | -                         |
| 03 EPS Sto PS SE 15    | 12,00     | 20                             | -                    | 0,040               | -                         |
| 04 Klebstoff           | 0,20      | 1900                           | -                    | -                   | -                         |
| 05 Klinker-Riemchen    | 1,50      | 1800                           | -                    | 0,870               | -                         |
| $R_{se}$               |           |                                |                      |                     | 0,040                     |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: AW3 Außenwand hinterlüft. Verkleidung



AW3 Außenwand hinterlüft. Verkleidung

$U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

- von innen  
1 Dispersionsfarbe  
2 Innenputz Gips  
3 Beton armiert  
4 Mineralfaser 035  
5 Luftschicht belüftet  
6 Alu-Blech

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

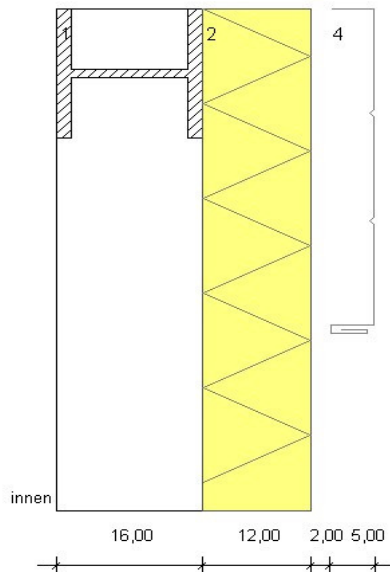
### Querschnitt

| von innen               | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsfarbe     | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Innenputz Gips       | 1,50      | 1400                           | 0,700               | –                         |
| 03 Beton armiert        | 24,00     | 2300                           | 2,300               | –                         |
| 04 Mineralfaser 035     | 8,50      | 50                             | 0,035               | –                         |
| 05 Luftschicht belüftet | –         | –                              | –                   | –                         |
| 06 Alu-Blech            | 0,02      | 2700                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                |           |                                |                     | 0,040                     |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: AW4 Außenwand Lüftungszentrale



AW4 Außenwand Lüftungszentrale  
 $U = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 HEB 160  
2 Blechkassetten Hoesch K120  
3 Luftschicht belüftet  
4 Stehfalzblech

Bauteiltyp "Außenwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                     | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|-------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                      |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 HEB 160                    | 16,00     | 7800                           | –                    | –                   | –                         |
| 02 Blechkassetten Hoesch K120 | 12,00     | –                              | 2,4                  | 0,040               | –                         |
| 03 Luftschicht belüftet       | 2,00      | –                              | 0,0                  | –                   | –                         |
| 04 Stehfalzblech              | 0,05      | –                              | 4,0                  | –                   | –                         |
| $R_{se}$                      |           |                                |                      |                     | 0,040                     |

Achsabstand Sparren HEB 160: 3,40m (vgl. Tragwerksraster Gebäude)

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
*Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt DVA**  
Bauteil: AW5 Glasbausteinwand

Beschreibung:

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Verglasung</b>   | Hersteller: Seves Glassblock \ Solaris<br>Material: Glas<br>Dicke: 10 cm<br>Maße: b x h 19x19cm |
| <b>Rahmen</b>       | Material: Aluminiumschiene<br>Profil Flachband b x h 100x2mm<br>Länge 101,00 lfm                |
| <b>Randverbund:</b> | Material: Zementmörtel  |

**TECHNISCHE EIGENSCHAFTEN**

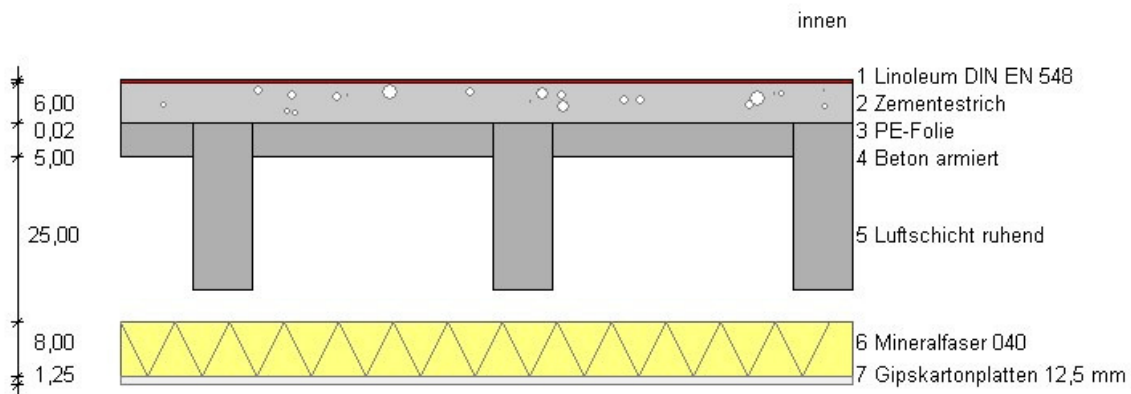
|   |   |
|---|---|
| Abmessungen (cm)                            | 19X19X10 cm   |
| Gewicht (Kg)                                | 2,7   |
| ..... Stückzahl/m <sup>2</sup>              | 25 (Fugenbreite 10mm)   |
| Gewicht/m <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> ) | ~1,25 (Fugenbreite 10mm)                                      |
| Druckfestigkeit (N/mm <sup>2</sup> )        | kleinster Einzelwert ≥ 6,0<br>Mittelwert ≥ 7,5<br>[DIN 18175] |
| Temperaturschock                            | ΔT = 25°C [DIN 52321]   |

(Auszug Produktdatenblatt)

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FuD1 Decke über UG



FuD1 Decke über UG  
 $U = 0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Kellerdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                     |           |                                |                     | 0,170                     |
| 01 Linoleum DIN EN 548       | 0,45      | 1000                           | 0,170               | –                         |
| 02 Kleber                    | 0,01      | 1300                           | –                   | –                         |
| 03 Zementestrich             | 6,00      | 2000                           | 1,400               | –                         |
| 04 PE-Folie                  | 0,02      | 1000                           | –                   | –                         |
| 05 Beton armiert             | 5,00      | 2300                           | 2,500               | –                         |
| 06 Luftschicht ruhend        | 25,00     | –                              | –                   | –                         |
| 07 Mineralfaser 040          | 8,00      | 20                             | 0,040               | –                         |
| 08 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25      | 900                            | –                   | –                         |
| 09 Dispersionsanstrich       | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                     |           |                                |                     | 0,170                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

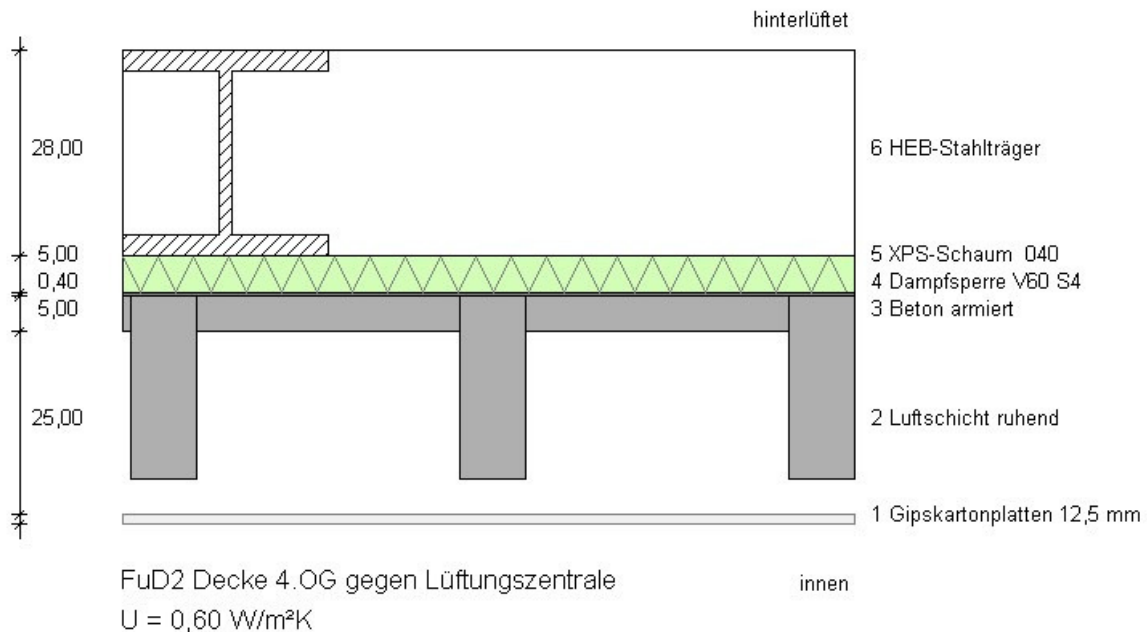
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite           | Achsabstand               | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                      |           |                      |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|-----------|----------------------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                   | 20,0 %        |                           |                      |           |                      |
| Rahmenanteil von innen |                           |               | s                         | $\rho$               | $\lambda$ | R                    |
|                        |                           |               | [cm]                      | [kg/m <sup>3</sup> ] | [W/mK]    | [m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>        |                           |               |                           |                      |           | 0,170                |
| 01                     | Linoleum DIN EN 548       | 0,45          | 1000                      | –                    | 0,170     | –                    |
| 02                     | Kleber                    | 0,01          | 1300                      | –                    | –         | –                    |
| 03                     | Zementestrich             | 6,00          | 2000                      | –                    | 1,400     | –                    |
| 04                     | PE-Folie                  | 0,02          | 1000                      | –                    | –         | –                    |
| 05                     | Beton armiert             | 25,00         | 2300                      | –                    | 2,500     | –                    |
| 06                     | Luftschicht ruhend        | 5,00          | –                         | –                    | –         | –                    |
| 07                     | Mineralfaser 040          | 8,00          | 20                        | –                    | 0,040     | –                    |
| 08                     | Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25          | 900                       | –                    | –         | –                    |
| 09                     | Dispersionsanstrich       | 0,02          | 1550                      | –                    | –         | –                    |
| R <sub>se</sub>        |                           |               |                           |                      |           | 0,170                |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale



Bauteiltyp "Decke unter Dachräumen"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,10$  und  $R_{se} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                          | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                           |           |                                |                     | 0,100                     |
| 00 Dispersionsanstrich             | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 01 Gipskartonplatten               | 2,00      | 900                            | –                   | –                         |
| 02 Unterkonstr. GKB-Decke          | –         | 7800                           | –                   | –                         |
| 03 Luftschicht ruhend              | 25,00     | –                              | –                   | –                         |
| 04 Beton armiert                   | 5,00      | 2300                           | –                   | –                         |
| 05 Dampfsperre V60 S4 alukaschiert | 0,40      | 1350                           | 0,170               | –                         |
| 06 XPS-Schaum 040                  | 5,00      | 30                             | 0,040               | –                         |
| 07 HEB-Stahlträger                 | 28,00     | 7800                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$                           |           |                                |                     | 0,100                     |



## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Rahmenbereich

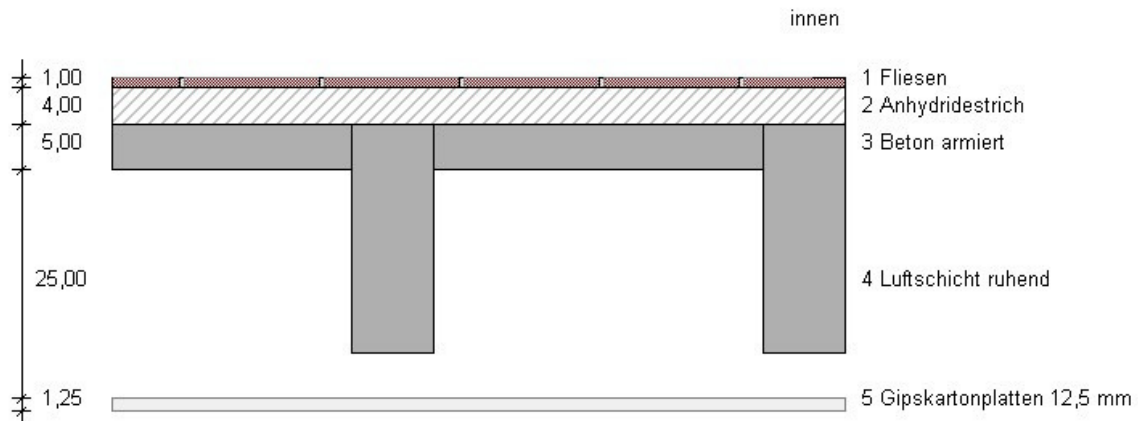
| Rahmenbreite           | Achsabstand                     | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                           |             |                           |
|------------------------|---------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                         | 20,0 %        |                           |                           |             |                           |
| Rahmenanteil von innen |                                 |               | s<br>[cm]                 | ρ<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | λ<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>        |                                 |               |                           |                           |             | 0,100                     |
| 00                     | Dispersionsanstrich             |               | 0,02                      | 1550                      | -           | -                         |
| 01                     | Giskartonplatten                |               | 2,00                      | 900                       | -           | -                         |
| 02                     | Unterkonstr. GKB-Decke          |               | -                         | 7800                      | -           | -                         |
| 03                     | Luftschicht ruhend              |               | 5,00                      | -                         | -           | -                         |
| 04                     | Beton armiert                   |               | 25,00                     | 2300                      | -           | 2,500                     |
| 05                     | Dampfsperre V60 S4 alukaschiert |               | 0,40                      | 1350                      | -           | 0,170                     |
| 06                     | XPS-Schaum 040                  |               | 5,00                      | 30                        | -           | 0,040                     |
| 07                     | HEB-Stahlträger                 |               | 28,00                     | 7800                      | -           | -                         |
| R <sub>se</sub>        |                                 |               |                           |                           |             | 0,100                     |

) **Achsabstand Sparren HEB 280: 3,40m (vgl. Tragwerksraster Gebäude)**

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FuD3Innendecke Fliesen



FuD3Innendecke Fliesen  
 $U = 1,77 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                     |           |                                |                      |                     | 0,170                     |
| 01 Fliesen                   | 1,00      | 2000                           | -                    | 1,000               | -                         |
| 02. Fliesenkleber            | 0,20      | 1900                           | -                    | -                   | -                         |
| 03 Anhydridestrich           | 4,00      | 2100                           | -                    | 1,200               | -                         |
| 04 Beton armiert             | 5,00      | 2300                           | -                    | 2,500               | -                         |
| 05 Luftschicht ruhend        | 25,00     | 1                              | -                    | -                   | -                         |
| 06 Unterkonstr. GKB-Decke    | -         | 7800                           | -                    | -                   | -                         |
| 07 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25      | 900                            | -                    | 0,250               | -                         |
| 08 Dispersionsanstrich       | 0,02      | 1550                           | -                    | -                   | -                         |
| $R_{se}$                     |           |                                |                      |                     | -                         |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

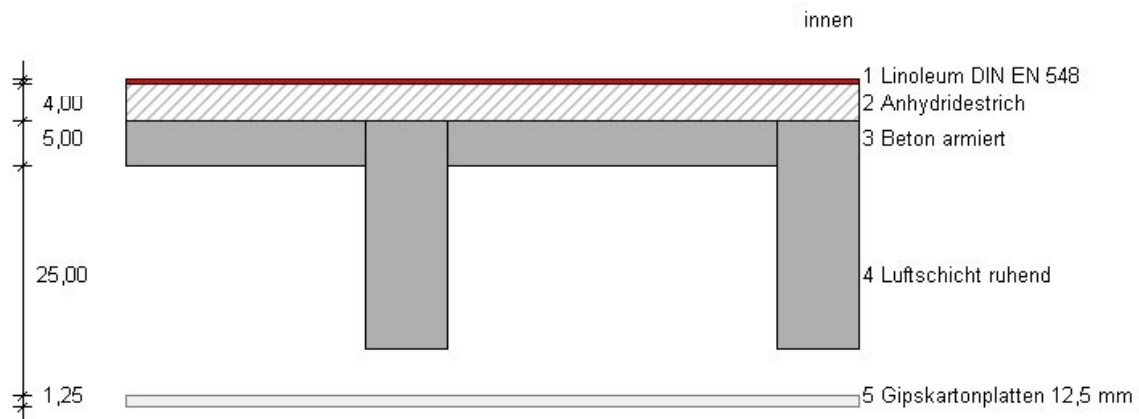
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite           | Achsabstand               | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                      |        |                      |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|--------|----------------------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                   | 20,0 %        |                           |                      |        |                      |
| Rahmenanteil von innen |                           |               | s                         | ρ                    | λ      | R                    |
|                        |                           |               | [cm]                      | [kg/m <sup>3</sup> ] | [W/mK] | [m <sup>2</sup> K/W] |
| R <sub>si</sub>        |                           |               |                           |                      |        | 0,170                |
| 01                     | Fliesen                   | 1,00          | 2000                      | -                    | 1,000  | -                    |
| 02.                    | Fliesenkleber             | 0,20          | 1900                      | -                    | -      | -                    |
| 03                     | Anhydridestrich           | 4,00          | 2100                      | -                    | 1,200  | -                    |
| 04                     | Beton armiert             | 25,00         | 2300                      | -                    | 2,500  | -                    |
| 05                     | Luftschicht ruhend        | 5,00          | 1                         | -                    | -      | -                    |
| 06                     | Unterkonstr. GKB-Decke    | -             | 7800                      | -                    | -      | -                    |
| 07                     | Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25          | 900                       | -                    | 0,250  | -                    |
| 08                     | Dispersionsanstrich       | 0,02          | 1550                      | -                    | -      | -                    |
| R <sub>se</sub>        |                           |               |                           |                      |        | 0,170                |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FuD4 Innendecke Linoleum



FuD4 Innendecke Linoleum  
 $U = 1,68 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bauteiltyp "Wohnungstrenndecke nach unten"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen                    | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                     |           |                                |                     | 0,170                     |
| 00 Linoleum DIN EN 548       | 0,45      | 1000                           | 0,170               | 0,029                     |
| 01 Kleber                    | 0,10      | 1300                           | -                   | -                         |
| 02 Anhydridestrich           | 4,00      | 2100                           | 1,200               | 0,033                     |
| 03 Beton armiert             | 5,00      | 2300                           | 2,500               | 0,020                     |
| 04 Luftschicht ruhend        | 25,00     | -                              | -                   | 0,160                     |
| 05 Gipskartonplatten 12,5 mm | 1,25      | 900                            | -                   | -                         |
| 06 Dispersionsanstrich       | 0,02      | 1550                           | -                   | -                         |
| $R_{se}$                     |           |                                |                     | 0,170                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

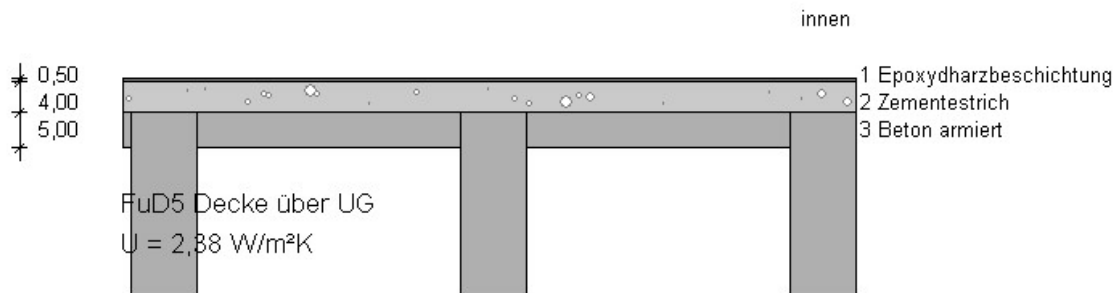
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite           | Achsabstand               | Flächenanteil | zusammengesetztes Bauteil |                      |        |                      |       |
|------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|--------|----------------------|-------|
| 9,0 cm                 | 45,0 cm                   | 20,0 %        |                           |                      |        |                      |       |
| Rahmenanteil von innen |                           |               | s                         | ρ                    | λ      | R                    |       |
|                        |                           |               | [cm]                      | [kg/m <sup>3</sup> ] | [W/mK] | [m <sup>2</sup> K/W] |       |
| R <sub>si</sub>        |                           |               |                           |                      |        | 0,170                |       |
| 00                     | Linoleum DIN EN 548       |               | 0,45                      | 1000                 | –      | 0,170                | 0,029 |
| 01                     | Kleber                    |               | 0,10                      | 1300                 | –      | –                    | –     |
| 02                     | Anhydridestrich           |               | 4,00                      | 2100                 | –      | 1,200                | 0,033 |
| 03                     | Beton armiert             |               | 25,00                     | 2300                 | –      | 2,500                | 0,020 |
| 04                     | Luftschicht ruhend        |               | 5,00                      | –                    | –      | –                    | 0,160 |
| 05                     | Gipskartonplatten 12,5 mm |               | 1,25                      | 900                  | –      | –                    | –     |
| 06                     | Dispersionsanstrich       |               | 0,02                      | 1550                 | –      | –                    | –     |
| R <sub>se</sub>        |                           |               |                           |                      |        |                      | 0,170 |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA Neckarstr., Stuttgart  
**Bauteil:** FuD5 Decke über UG



Bauteiltyp "Kellerdecke"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen                 | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$                  |           |                                |                      |                     | 0,170                     |
| 01 Epoxydharzbeschichtung | 0,50      | 1200                           | –                    | 0,200               | –                         |
| 02 Zementestrich          | 4,00      | 2000                           | –                    | 1,400               | 0,029                     |
| 03 Beton armiert          | 5,00      | 2300                           | –                    | 2,500               | 0,020                     |
| $R_{se}$                  |           |                                |                      |                     | 0,170                     |

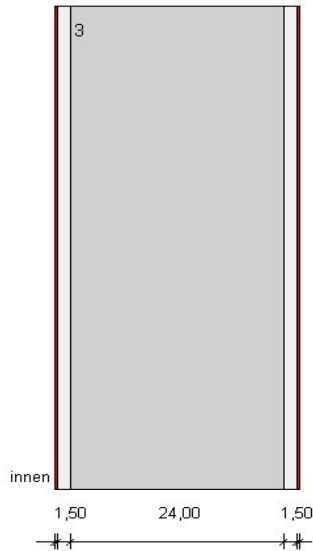
**Rahmenbereich**

| Rahmenbreite              | Achsabstand | Flächenanteil                  | zusammengesetztes Bauteil |                     |                           |
|---------------------------|-------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|
| 9,0 cm                    | 45,0 cm     | 20,0 %                         |                           |                     |                           |
| Rahmenanteil von innen    | s<br>[cm]   | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ]      | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
| $R_{si}$                  |             |                                |                           |                     | 0,170                     |
| 01 Epoxydharzbeschichtung | 0,50        | 1200                           | –                         | 0,200               | –                         |
| 02 Zementestrich          | 4,00        | 2000                           | –                         | 1,400               | 0,029                     |
| 03 Beton armiert          | 5,00        | 2300                           | –                         | 2,500               | 0,020                     |
| $R_{se}$                  |             |                                |                           |                     | 0,170                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
**Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2**

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA Neckarstr., Stuttgart  
**Bauteil:** FuW1 Innenwand



FuW1 Innenwand Beton  
 $U = 1,66 \text{ W/m}^2\text{K}$

- von innen  
1 Dispersionsfarbe  
2 Putzmörtel aus Gips  
3 Beton-Mauerstein  
4 Putzmörtel aus Gips  
5 Dispersionsfarbe

Bauteiltyp "Wohnungstrennwand"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$

**Querschnitt**

| von innen              | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$               |           |                                |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsfarbe    | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| 02 Putzmörtel aus Gips | 1,50      | 1400                           | –                   | 0,021                     |
| 03 Beton-Mauerstein    | 24,00     | 1200                           | –                   | 0,300                     |
| 04 Putzmörtel aus Gips | 1,50      | 1400                           | –                   | 0,021                     |
| 05 Dispersionsfarbe    | 0,02      | 1550                           | –                   | –                         |
| $R_{se}$               |           |                                |                     | 0,130                     |

**Anlage 2:** *DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2*

**Bauteilquerschnitt**

**Projekt** DVA  
Bauteil: FuW2 Gipskartonständerwand

Beschreibung :

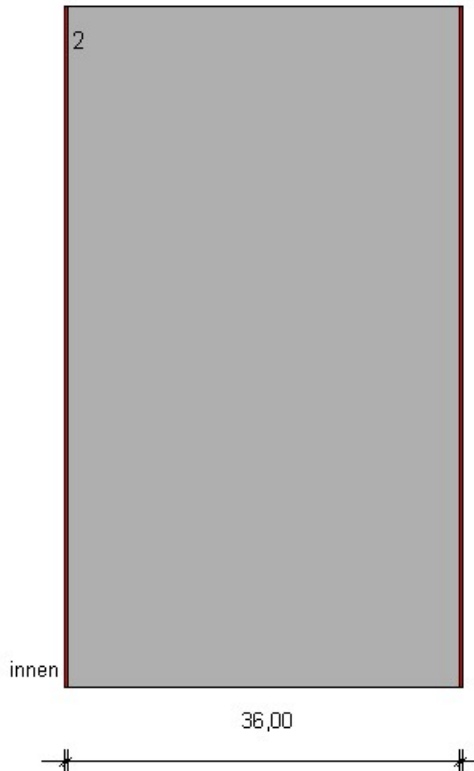
|                |  |
|----------------|--|
| <b>Typ:</b>    | Knauf W112   |
| <b>Aufbau:</b> | Dispersionsanstrich<br>Uniflott-Spachtel<br>2x12,5 GK-Platten<br>CW Profil 50<br>40mm Mineralwolle,22kg/cbm<br>2x12,5 GK Platten<br>Uniflott-Spachtel<br>Dispersionsanstrich |
| <b>Stärke:</b> | 100mm  |



**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: FuW3 Betonstützen



FuW3 Betonstützen  
 $U = 2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen  
1 Dispersionsfarbe  
2 Beton armiert  
3 Dispersionsfarbe

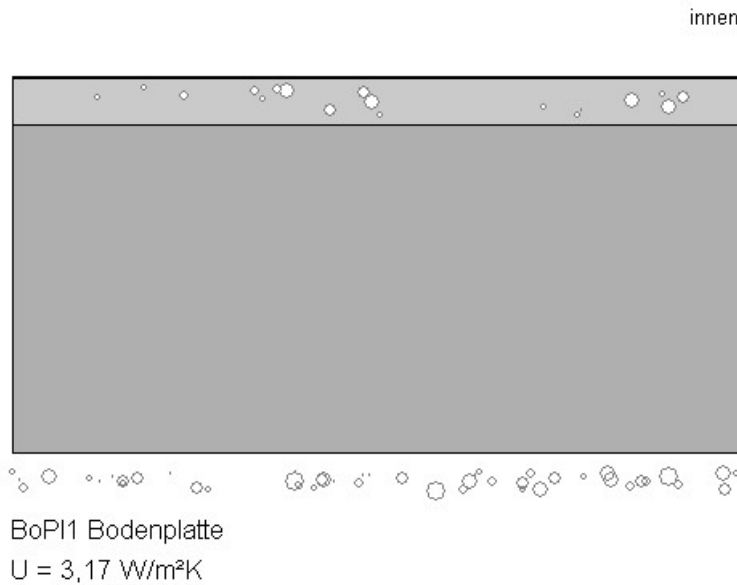
**Querschnitt**

| von innen           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| R <sub>si</sub>     |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsfarbe | 0,02      | 1550                           | -                    | 1,000               | -                         |
| 02 Beton armiert    | 36,00     | 2300                           | -                    | 2,300               | 0,157                     |
| 03 Dispersionsfarbe | 0,02      | 1550                           | -                    | 1,000               | -                         |
| R <sub>se</sub>     |           |                                |                      |                     | 0,130                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Bauteilquerschnitt**

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: BoPI1 Bodenplatte



Bauteiltyp "Fußboden gegen Erdreich"  
mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,17$  und  $R_{se} = 0,00$  m²K/W

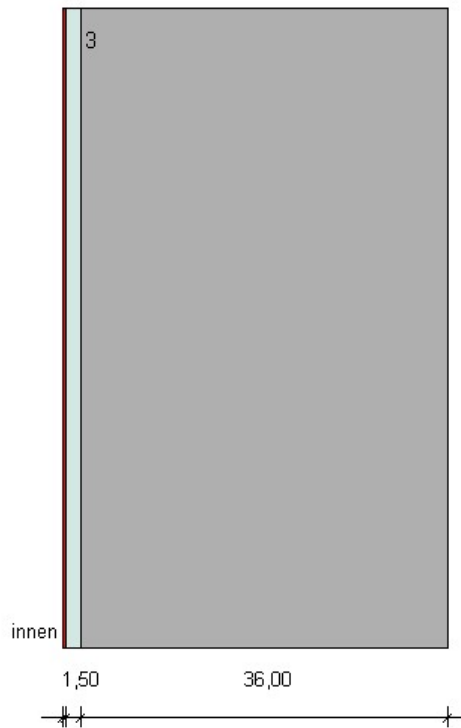
.....  
**Querschnitt**

| von innen                     | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m³] | [kg/m²] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m²K/W] |
|-------------------------------|-----------|-------------------|---------|---------------------|--------------|
| $R_{si}$                      |           |                   |         |                     | 0,170        |
| 01 Beschichtung StoPoX WB 100 | 0,50      | 1200              | –       | 0,200               | 0,005        |
| 02 Zementestrich              | 4,00      | 2000              | –       | 1,400               | 0,029        |
| 03 Beton                      | 28,00     | 2300              | –       | 2,500               | 0,112        |
| $R_{se}$                      |           |                   |         |                     | 0,000        |

## Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

### Bauteilquerschnitt

Projekt DVA Neckarstr., Stuttgart  
Bauteil: AWE Außenwand gegen Erdreich



AWE Außenwand gegen Erdreich

$U = 3,49 \text{ W/m}^2\text{K}$

von innen

1 Dispersionsfarbe

2 Putz

3 Beton armiert

Bauteiltyp "Außenwand gegen Erdreich"

mit den Wärmeübergangswiderständen  $R_{si} = 0,13$  und  $R_{se} = 0,00 \text{ m}^2\text{K/W}$

### Querschnitt

| von innen           | s<br>[cm] | $\rho$<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | [kg/m <sup>2</sup> ] | $\lambda$<br>[W/mK] | R<br>[m <sup>2</sup> K/W] |
|---------------------|-----------|--------------------------------|----------------------|---------------------|---------------------------|
| $R_{si}$            |           |                                |                      |                     | 0,130                     |
| 01 Dispersionsfarbe | 0,02      | 1550                           | –                    | 1,000               | –                         |
| 02 Putz             | 1,50      | 1250                           | –                    | –                   | –                         |
| 03 Beton armiert    | 36,00     | 2300                           | –                    | 2,300               | 0,157                     |
| $R_{se}$            |           |                                |                      |                     | 0,000                     |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

**Gewerk: Schlosserarbeiten**

| Beschreibung                    | Bauteilnr. | Bauteilaufgliederung   | Menge        | Einheit        | Querschnitt       | Volumen V         | Rohdichte | Gewicht Stahl | Gewicht Edelstahl |
|---------------------------------|------------|--|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------|---------------|-------------------|
|                                 |            |  |              |                | in m <sup>2</sup> | in m <sup>3</sup> | kg/cbm    | in kg         | in kg             |
| <b>Treppe 1 02.UG-01.UG</b>     |            |  |              |                |                   |                   |           |               |                   |
|                                 |            | Geländerlänge ges.   | <b>6,40</b>  | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                   |
|                                 | 1          | Treppenwangen U220, 2 Stk.   | 8,80         | m              | 0,003740          | 0,032912          | 7800      | 256,714       |                   |
|                                 | 2          | Treppenstufen Tränenblech d=5mm                                    | 13,00        | m              | 0,000145          | 0,001885          | 7800      | 14,703        |                   |
|                                 | 3          | waagerechte Rundstähle, d=20mm                                     | 6,40         | m              | 0,000314          | 0,00201           | 7800      | 15,675        |                   |
|                                 | 4          | Handlauf 42,4 x 2,60 Stahlrohr                                     | 6,40         | m              | 0,000325          | 0,00208           | 7800      | 16,224        |                   |
|                                 | 5          | Geländerpfosten T70  | 6,30         | m              | 0,001060          | 0,006678          | 7800      | 52,088        |                   |
|                                 |            | Beschichtung:<br>1.) Feuerverzinkung<br>2.) DB-703 EG Eisenglimmer |              |                |                   |                   |           |               |                   |
| <b>Steg 01.UG</b>               |            |  |              |                |                   |                   |           |               |                   |
|                                 |            | Steglänge  | <b>14,80</b> | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                   |
|                                 | 1          | Stützen HEA100A 5 Stk l=4,5m                                       | 22,50        | m              | 0,002120          | 0,0477            | 7800      | 372,060       |                   |
|                                 | 2          | Traversen HEA100A 6 Stk l=3,60m                                    | 21,60        | m              | 0,002120          | 0,045792          | 7800      | 357,178       |                   |
|                                 | 3          | Längsträger HEB 140 2x 14,8m                                       | 29,60        | m              | 0,004300          | 0,12728           | 7800      | 992,784       |                   |
|                                 | 4          | Querträger T80   | 21,60        | m              | 0,001360          | 0,029376          | 7800      | 229,133       |                   |
|                                 | 5          | Belag Tränenblech d=5mm 20,30m <sup>2</sup>                        | 20,30        | m <sup>2</sup> |                   | 0,1015            | 7800      | 791,700       |                   |
|                                 | 6          | waagerechte Rundstähle, d=20mm                                     | 29,60        | m              | 0,000314          | 0,009294          | 7800      | 72,496        |                   |
|                                 | 7          | Handlauf 42,4 x 2,60 Stahlrohr                                     | 29,60        | m              | 0,000325          | 0,00962           | 7800      | 75,036        |                   |
|                                 | 8          | Geländerpfosten T70 36 Stk   | 32,40        | m              | 0,001060          | 0,034344          | 7800      | 267,883       |                   |
|                                 |            | Beschichtung:<br>1.) Feuerverzinkung<br>2.) DB-703 EG Eisenglimmer |              |                |                   |                   |           |               |                   |
| <b>Stahltreppen Hofseite EG</b> |            |  |              |                |                   |                   |           |               |                   |
|                                 |            | Gesamtlänge  | <b>5,60</b>  | <b>m</b>       |                   |                   |           |               |                   |
|                                 | 1          | Treppenwangen Flacheisen d=8,5cm                                   | 11,20        | m              | 0,018700          | 0,20944           | 7800      | 1633,632      |                   |
|                                 | 2          | Geländerpfosten T70 14 Stk   | 12,60        | m              | 0,001060          | 0,013356          | 7800      | 104,1768      |                   |
|                                 | 3          | waagerechte Rundstähle, d=20mm                                     | 11,20        | m              | 0,000314          | 0,003517          | 7800      | 27,43104      |                   |
|                                 | 4          | Handlauf 42,4 x 2,60 Stahlrohr                                     | 11,20        | m              | 0,000325          | 0,00364           | 7800      | 28,392        |                   |
|                                 | 5          | Treppenstufen und Podest Gitterrost                                | 6,05         | m <sup>2</sup> | 25,00             | kg                |           | 151,250       |                   |
|                                 |            | Maschenweite 15x15, ca. 25kg/m <sup>2</sup>                        |              |                |                   |                   |           |               |                   |
|                                 |            | Beschichtung: Feuerverzinkung                                      |              |                |                   |                   |           |               |                   |

**Anlage 2: DVA – Bauteilkatalog Ökobilanzermittlung nach DGNB**  
Steckbriefen 1-5 und 10-11 zu Bericht: Kapitel 3.2

|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
|------------------------------------|---|--|--------------|----------------------|----------|----------|----------|-----------------|----------------|
| <b>Geländer 04.OG</b>              |   | Länge ges.   | <b>67,80</b> | <b>m</b>             |          |          |          |                 |                |
|                                    | 1 | waagerechte Rundstähle,<br>d=20mm 6x                               | 406,80       | m                    | 0,000314 | 0,127735 | 7800     | 996,335         |                |
|                                    | 2 | Handlauf 42,4 x 2,60 Stahlrohr                                     | 67,80        | m                    | 0,000325 | 0,022035 | 7800     | 171,873         |                |
|                                    | 3 | Geländerpfosten T70 ca.80 Stk                                      | 72,00        | m                    | 0,001060 | 0,07632  | 7800     | 595,296         |                |
|                                    |   | Beschichtung:<br>1.) Feuerverzinkung<br>2.) DB-703 EG Eisenglimmer |              |                      |          |          |          |                 |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Edelstahlhandlauf</b>           |   | ges.   | <b>83,10</b> | <b>m</b>             |          |          |          |                 |                |
|                                    | 1 | rund, V2A, 33,7 x 2,6mm  | 83,10        | m                    | 0,000254 | 0,021107 | 7800     | 164,638         |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Edelstahlgeländer<br/>Rampe</b> |   | ges.   | <b>22,65</b> | <b>m</b>             |          |          |          |                 |                |
|                                    | 1 | waagerechte Rundstähle,<br>d=20mm 6x                               | 135,90       | m                    | 0,000314 | 0,042673 | 7800     | 332,846         |                |
|                                    | 2 | Handlauf rund, V2A, 33,7 x<br>2,6mm                                | 22,65        | m                    | 0,000254 | 0,005753 | 7800     | 44,8742         |                |
|                                    | 3 | Geländerpfosten T70 ca.27 Stk                                      | 24,30        | m                    | 0,001060 | 0,025758 | 7800     | 200,912         |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Leiter m.<br/>Rückenschutz</b>  |   | geschätzt !<br>Leiter, 3,75m, Stahl verzinkt                       |              |                      |          |          |          | 100,00          |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Gitterroste</b>                 |   | ges.   | <b>15,30</b> | <b>m<sup>2</sup></b> |          |          |          |                 |                |
|                                    |   | ca. 30kg/m <sup>2</sup>  | 15,30        | m <sup>2</sup>       | 30,00    | kg       |          | 459,00          |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Vordach Rampe</b>               |   | HEB 120  | 60,6         | m                    | 0,003400 | 0,206108 | 7800     | 1607,6424       |                |
| (Bestand)                          |   | U140   | 174,2        | m                    | 0,002040 | 0,355368 | 7800     | 2771,8704       |                |
|                                    |   | T40  | 202,6        | m                    | 0,000377 | 0,076365 | 7800     | 595,64794       |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
| <b>Fenstergitter<br/>UG/EG</b>     |   | ges.   | <b>750,0</b> | <b>m</b>             |          |          |          |                 |                |
|                                    |   | Flachstahl 60x10   | 750,0        | m                    | 0,000600 | 0,45     | 7800     | 3510,000        |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          |          |                 |                |
|                                    |   |  |              |                      |          |          | <b>Σ</b> | <b>16266,22</b> | <b>743,271</b> |

Gewicht Σ  
= 17009,491 kg

# Züblinhaus

Anlage : Referenzraum

Projektnummer : REG

Kunde :

Bearbeiter : Markus Genswein

Datum : 04.08.2009

Die nachfolgenden Werte basieren auf exakten Berechnungen an kalibrierten Lampen, Leuchten und deren Anordnung. In der Praxis können graduelle Abweichungen auftreten. Gewährleistungsansprüche für die Leuchten-Daten sind ausgeschlossen. Der Hersteller übernimmt keine Haftung für die Folgeschäden und Schäden, die dem Benutzer oder dritten gegenüber entstehen.

Objekt : Züblinhaus  
Anlage : Referenzraum  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009



## Inhaltsverzeichnis

---

|  |   |
|--|---|
| Deckblatt                                | 1 |
| Inhaltsverzeichnis                       | 2 |
| <b>1 Raum 1</b>                          |   |
| <b>1.1 Beschreibung, Raum 1</b>          |   |
| 1.1.2 3D-Darstellung, Ansicht 1          | 3 |
| <b>1.2 Zusammenfassung, Raum 1</b>       |   |
| 1.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1     | 4 |
| <b>1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1</b> |   |
| 1.3.1 Tabelle, Nutzebene 1 (D)           | 5 |
| 1.3.4 3D-Leuchtdichte, Ansicht 1         | 6 |
| 1.3.5 3D-Falschfarben, Ansicht 1 (E)     | 7 |

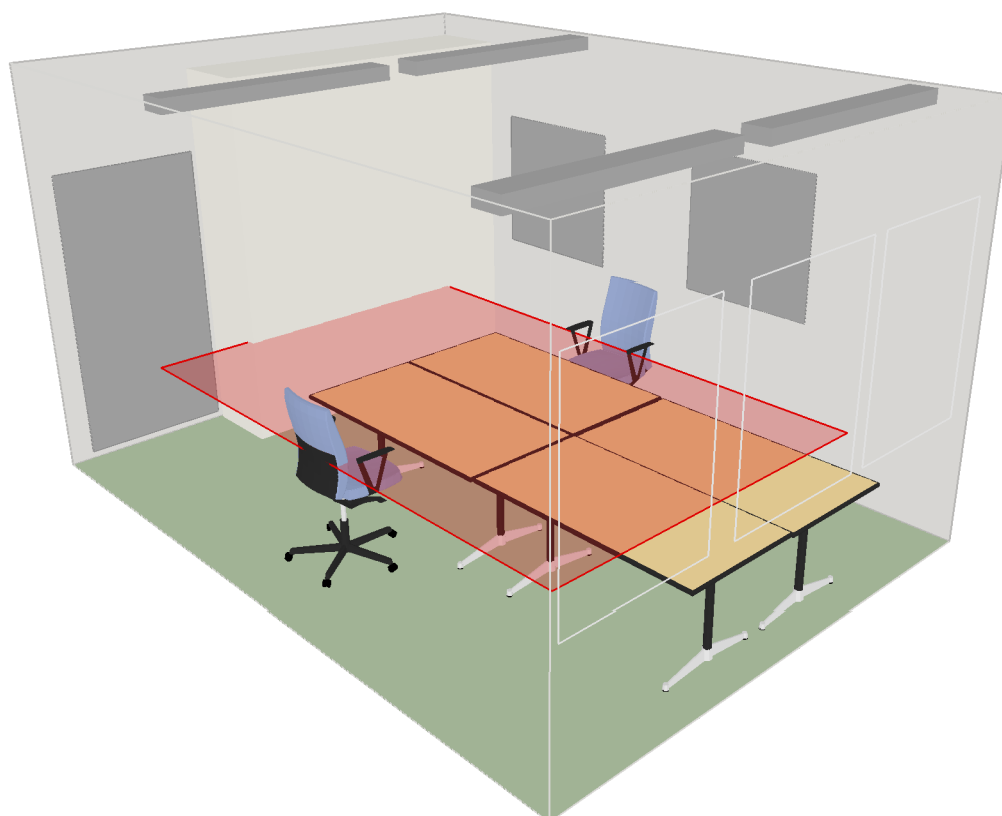
Objekt : Züblinhaus  
Anlage : Referenzraum  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009

**ZÜBLIN**

## 1 Raum 1

### 1.1 Beschreibung, Raum 1

#### 1.1.2 3D-Darstellung, Ansicht 1



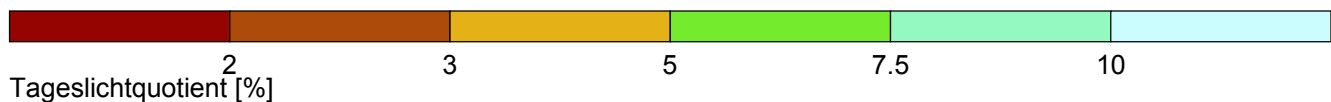
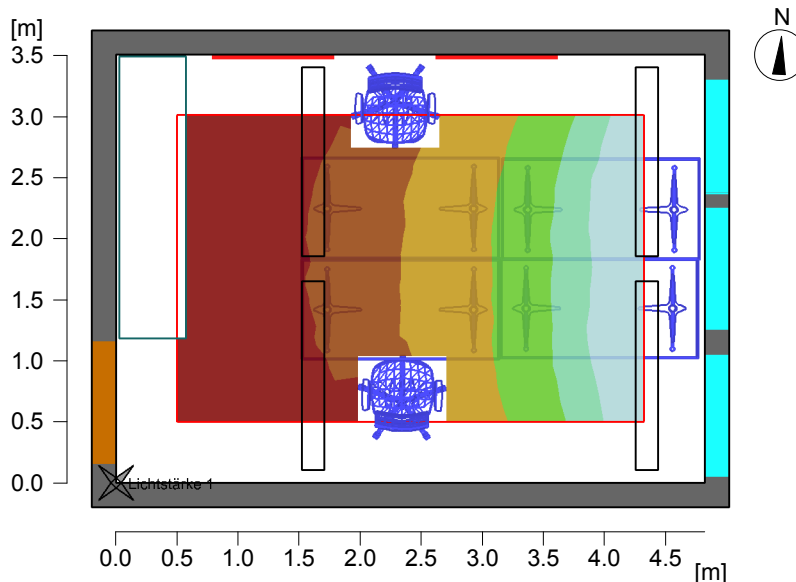




# 1 Raum 1

## 1.2 Zusammenfassung, Raum 1

### 1.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1



#### Allgemein

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| Verwendeter Rechenalgorithmus | Geringer Indirektanteil   |
| Höhe der Bewertungsfläche     | 0.75 m                    |
| Höhe Leuchtenebene            | 2.80 m                    |
| Verwendeter Rechenmodus       | Bedeckter Himmel nach CIE |

Datum, Uhrzeit: 21.03. 10:35 (WOZ 10:05)

#### Geographische Daten:

Ort : Stuttgart  
Breitengrad : 48.77 °  
Längengrad : 9.18 °  
Nordwinkel : 3.00 °

#### Tageslichtquotient:

|                              |      |       |
|------------------------------|------|-------|
| Mittlerer Tageslichtquotient | Dm   | : 4.6 |
| Minimaler Tageslichtquotient | Dmin | : 0.9 |
| Maximaler Tageslichtquotient | Dmax | : 14  |

Objekt : Züblinhaus  
 Anlage : Referenzraum  
 Projektnummer : REG  
 Datum : 04.08.2009



# 1 Raum 1

## 1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1

### 1.3.1 Tabelle, Nutzebene 1 (D)

|     |       |                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |             |  |
|-----|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-------------|--|
| [m] | (0.9) | 1.5                    | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |     |     |     |     | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 5.1 | 6   | 7   | 8.5 | 10.2 | 12.2        |  |
| 2.8 | (0.9) | 1.4                    | 1.7 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2   | 2.2 | 2.5 | 2.8 | 3.1 | 3.5 | 4   | 4.6 | 5.4 | 6.4 | 7.6 | 9   | 10.9 | 13          |  |
| 2.6 | 1     | 1.7                    | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.6 | 2.9 | 3.3 | 3.6 | 4.1 | 4.8 | 5.7 | 6.7 | 8   | 9.6 | 11.6 | <b>[14]</b> |  |
| 2.4 | 1     | 1.7                    | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2   | 2.2 | 2.4 | 2.6 | 2.9 | 3.3 | 3.8 | 4.2 | 5   | 5.8 | 6.8 | 8.1 | 9.7 | 11.6 | 13.8        |  |
| 2.2 | 1     | 1.7                    | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2   | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3   | 3.3 | 3.8 | 4.3 | 5   | 5.9 | 6.9 | 8   | 9.6 | 11.3 | 13.6        |  |
| 2.0 | 1.1   | 1.7                    | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2   | 2.2 | 2.4 | 2.7 | 3   | 3.3 | 3.8 | 4.4 | 5   | 5.9 | 6.9 | 8.1 | 9.6 | 11.4 | 13.6        |  |
| 1.8 | 1     | 1.6                    | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 3   | 3.4 | 3.9 | 4.3 | 5   | 5.9 | 6.9 | 8.2 | 9.8 | 11.5 | 13.5        |  |
| 1.6 | 1.1   | 1.4                    | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 2.1 | 2.4 | 2.6 | 2.9 | 3.3 | 3.7 | 4.3 | 5   | 5.8 | 6.8 | 8.1 | 9.8 | 11.6 | 13.5        |  |
| 1.4 | 1.1   | 1.3                    | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 2   | 2.1 |     |     |     |     | 4.2 | 4.9 | 5.7 | 6.6 | 7.9 | 9.3 | 11.1 | 13.1        |  |
| 1.2 | 1     | 1.2                    | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.7 | 1.8 | 1.5 |     |     |     |     | 4   | 4.7 | 5.4 | 6.3 | 7.5 | 8.9 | 10.6 | 12.7        |  |
| 1.0 |       |                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |             |  |
| 0.8 |       |                        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |             |  |
|     |       | 1.0                    |     | 1.5 |     | 2.0 |     | 2.5 |     | 3.0 |     | 3.5 |     | 4.0 |     |     |     |     |      |             |  |
|     |       | Tageslichtquotient [%] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |             |  |

|                              |           |                            |
|------------------------------|-----------|----------------------------|
| Mittlerer Tageslichtquotient | Dm        | : 4.6                      |
| Minimaler Tageslichtquotient | Dmin      | : 0.9                      |
| Maximaler Tageslichtquotient | Dmax      | : 14                       |
| Außenbeleuchtungsstärke      | Ea        | : 12300 lx                 |
| Gleichmäßigkeit g1           | Dmin/Dm   | : 1 : 4.91 (0.20)          |
| Gleichmäßigkeit g2           | Dmin/Dmax | : 1 : 15.05 (0.07)         |
| Datum, Uhrzeit               |           | : 21.03. 10:35 (WOZ 10:05) |

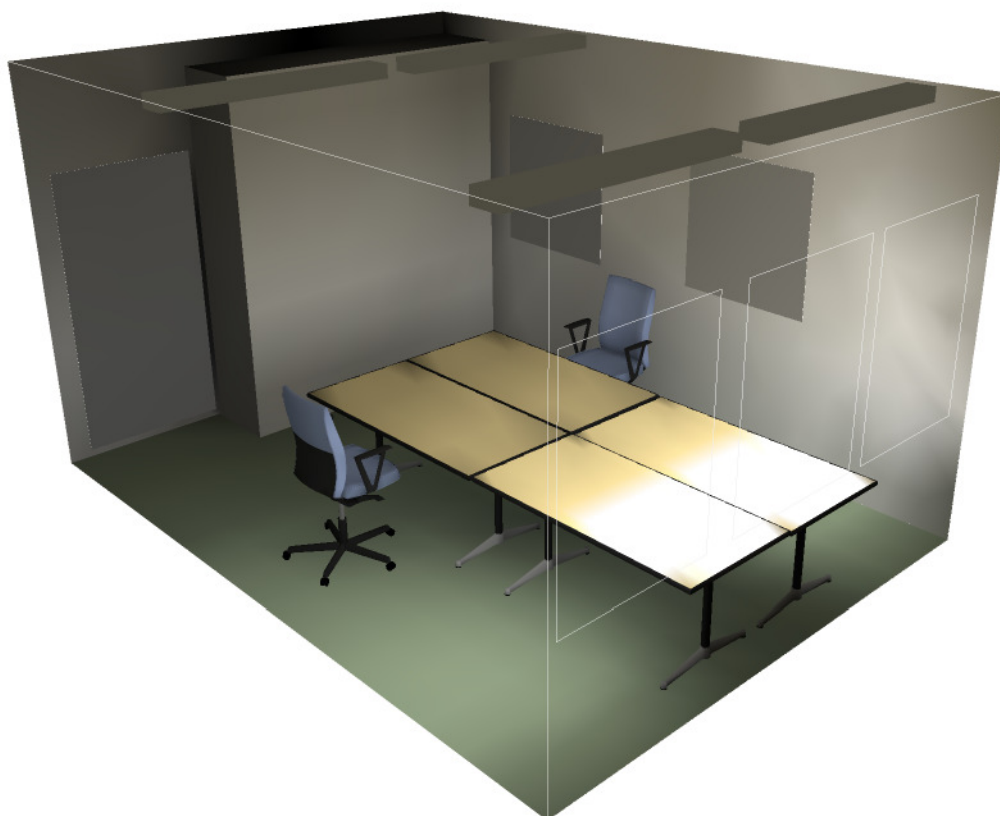
Objekt : Züblinhaus  
Anlage : Referenzraum  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009

**ZÜBLIN**

## 1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1

### 1.3.4 3D-Leuchtdichte, Ansicht 1

---



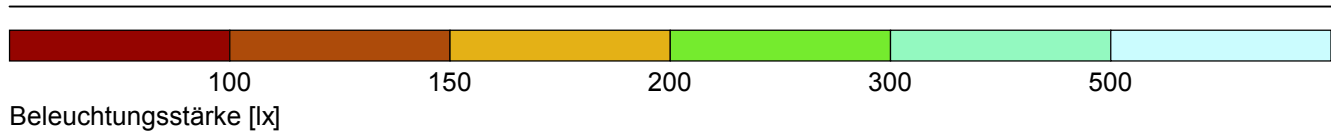
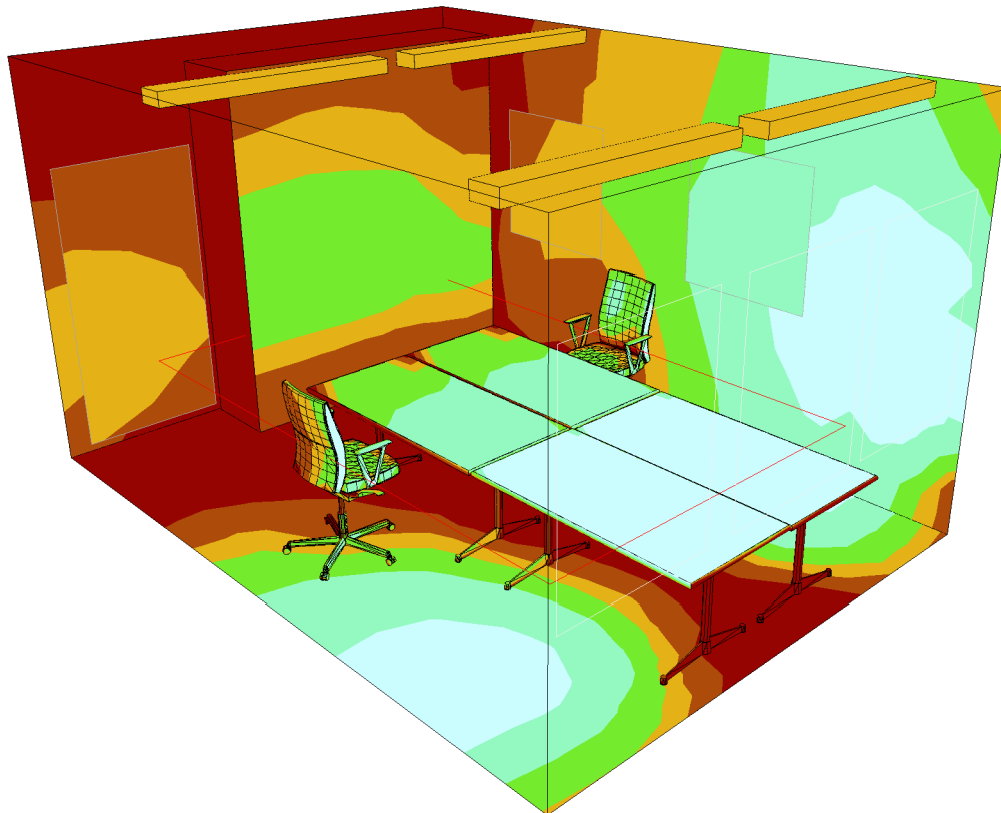
---

Leuchtdichte in der Szene  
Minimum : 0 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum : 474 cd/m<sup>2</sup>



### 1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1

#### 1.3.5 3D-Falschfarben, Ansicht 1 (E)



## Neckarstrasse 121

Anlage : Referenzraum 2OG

Projektnummer : REG

Kunde :

Bearbeiter : Markus Genswein

Datum : 04.08.2009

Die nachfolgenden Werte basieren auf exakten Berechnungen an kalibrierten Lampen, Leuchten und deren Anordnung. In der Praxis können graduelle Abweichungen auftreten. Gewährleistungsansprüche für die Leuchten-Daten sind ausgeschlossen. Der Hersteller übernimmt keine Haftung für die Folgeschäden und Schäden, die dem Benutzer oder dritten gegenüber entstehen.

Objekt : Neckarstrasse 121  
Anlage : Referenzraum 2OG  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009

The logo for ZÜBLIN, featuring the company name in a bold, black, sans-serif font centered within a bright yellow square background.

## Inhaltsverzeichnis

---

|  |   |
|--|---|
| Deckblatt                                | 1 |
| Inhaltsverzeichnis                       | 2 |
| <b>1 Raum 1</b>                          |   |
| <b>1.1 Beschreibung, Raum 1</b>          |   |
| 1.1.1 3D-Darstellung, Ansicht 1          | 3 |
| <b>1.2 Zusammenfassung, Raum 1</b>       |   |
| 1.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1     | 4 |
| <b>1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1</b> |   |
| 1.3.1 3D-Leuchtdichte, Ansicht 1         | 5 |
| 1.3.2 3D-Falschfarben, Ansicht 1 (E)     | 6 |

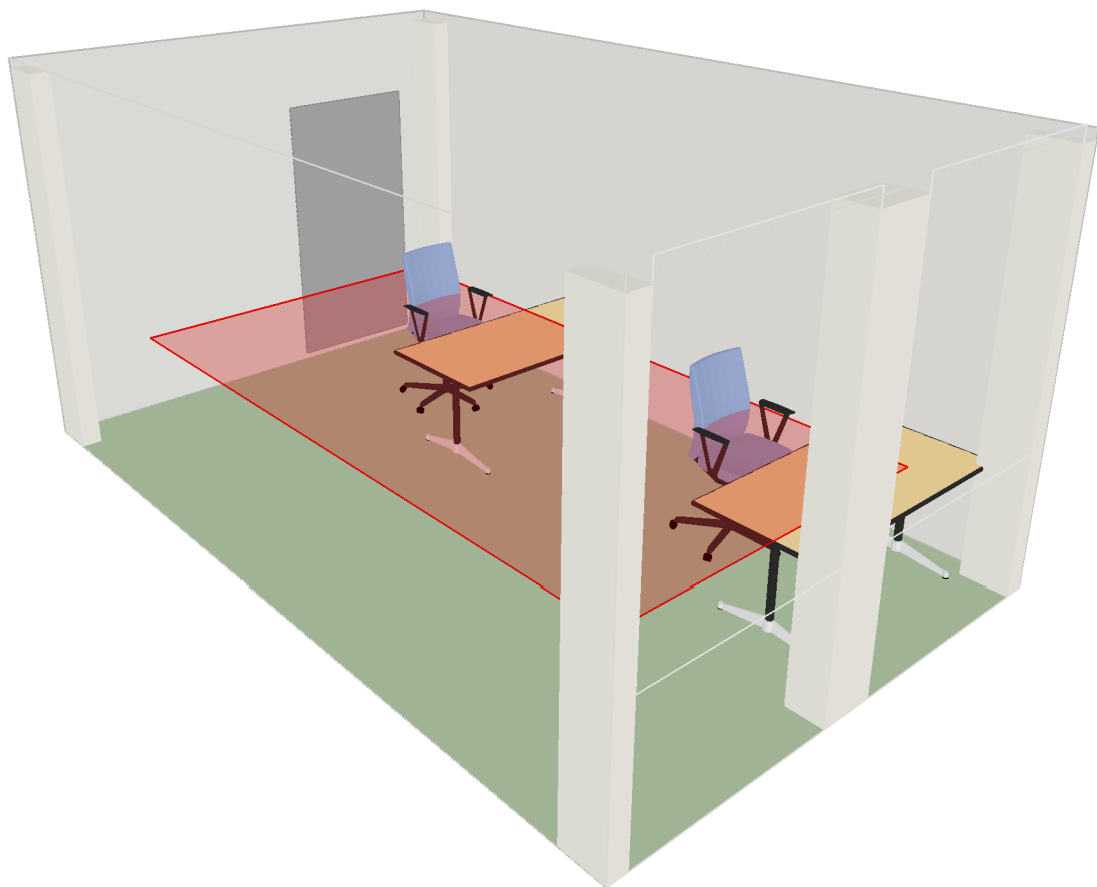
Objekt : Neckarstrasse 121  
Anlage : Referenzraum 2OG  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009



# 1 Raum 1

## 1.1 Beschreibung, Raum 1

### 1.1.1 3D-Darstellung, Ansicht 1

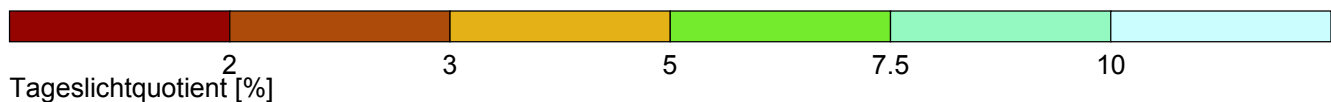
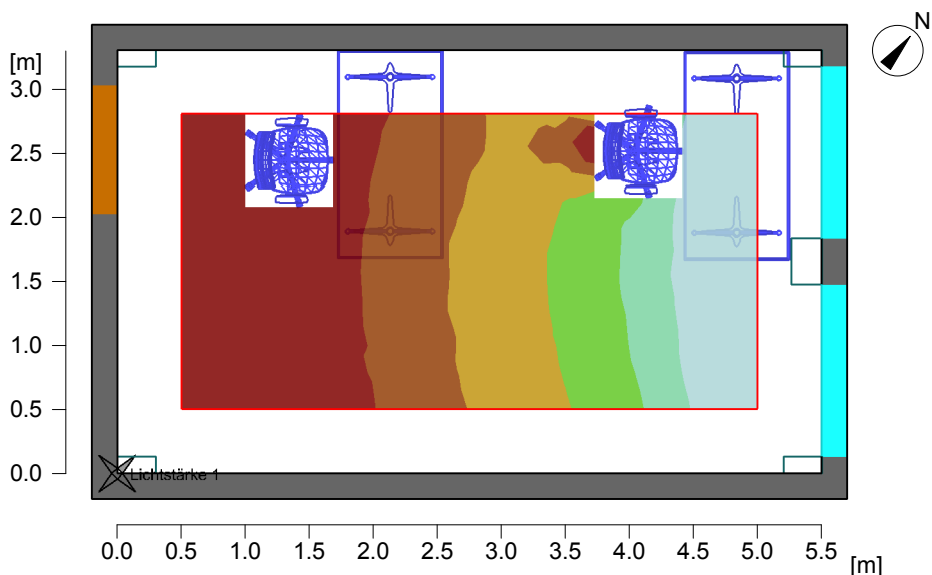




# 1 Raum 1

## 1.2 Zusammenfassung, Raum 1

### 1.2.1 Ergebnisübersicht, Nutzebene 1



#### Allgemein

Verwendeter Rechenalgorithmus  
Höhe der Bewertungsfläche  
Verwendeter Rechenmodus

Geringer Indirektanteil  
0.75 m  
Bedeckter Himmel nach CIE

Datum, Uhrzeit:

21.03. 10:35 (WOZ 10:05)

#### Geographische Daten:

Ort : Stuttgart  
Breitengrad : 48.77 °  
Längengrad : 9.18 °  
Nordwinkel : 40.00 °

#### Tageslichtquotient:

Mittlerer Tageslichtquotient : Dm : 4.7  
Minimaler Tageslichtquotient : Dmin : 0.5  
Maximaler Tageslichtquotient : Dmax : 15.5



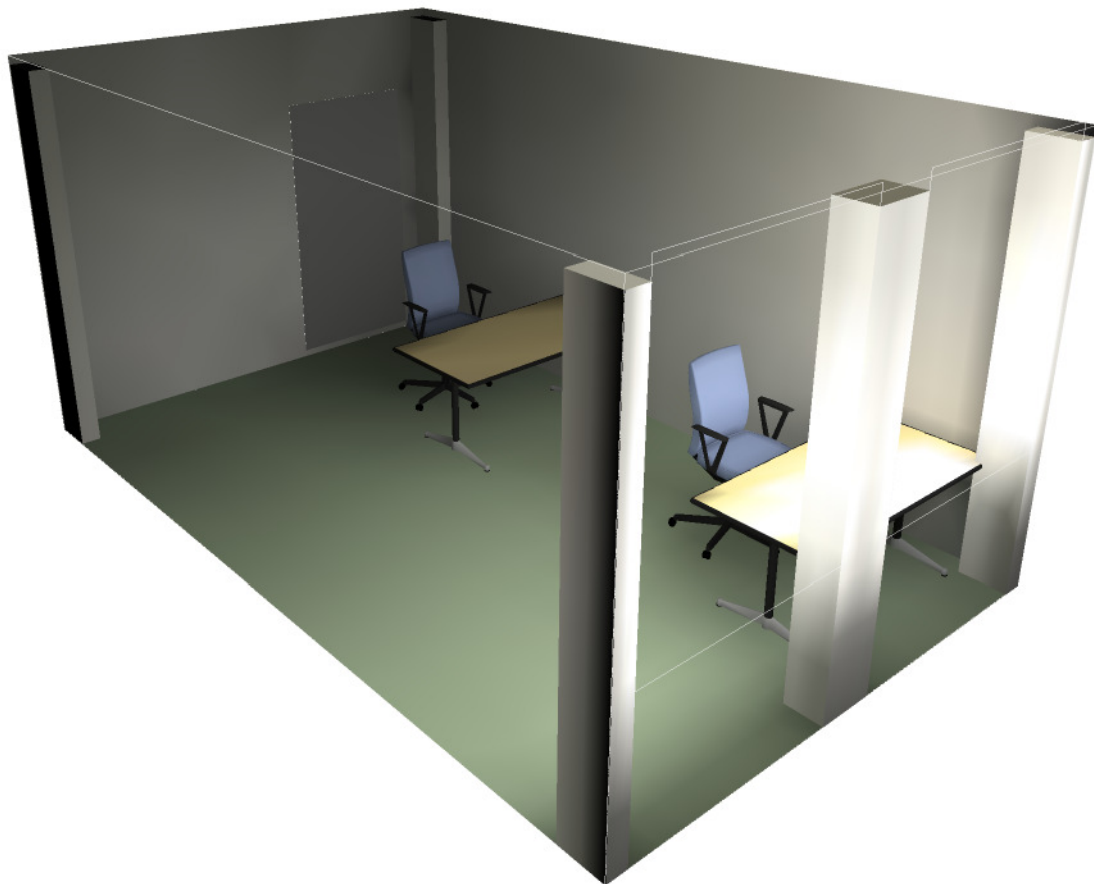
Objekt : Neckarstrasse 121  
Anlage : Referenzraum 2OG  
Projektnummer : REG  
Datum : 04.08.2009



## 1 Raum 1

### 1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1

#### 1.3.1 3D-Leuchtdichte, Ansicht 1

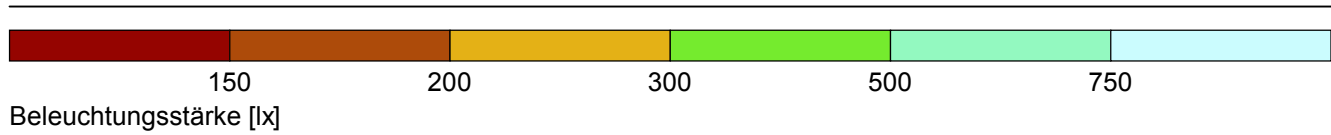
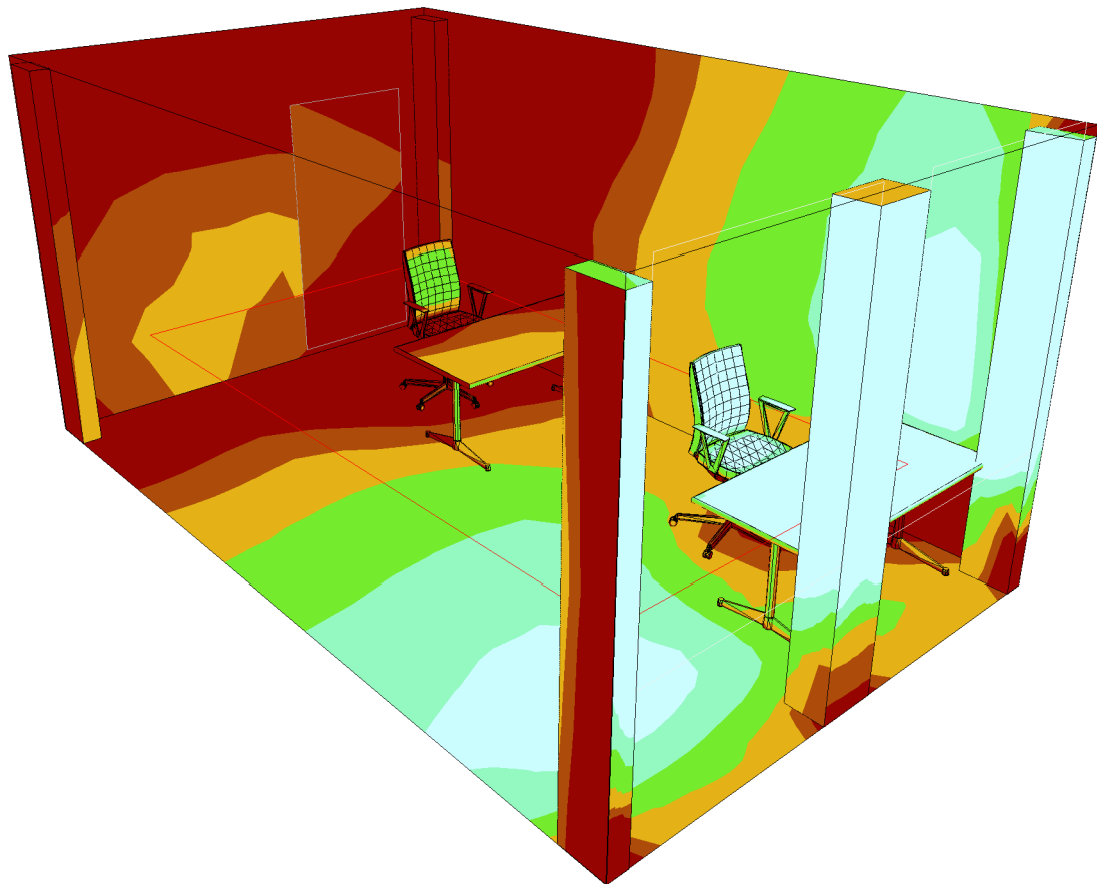


Leuchtdichte in der Szene  
Minimum : 0 cd/m<sup>2</sup>  
Maximum : 563 cd/m<sup>2</sup>



### 1.3 Berechnungsergebnisse, Raum 1

#### 1.3.2 3D-Falschfarben, Ansicht 1 (E)



**Anlage 1:** *Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

# Eingabeprotokoll

IBP18599 - DIN V 18599

Neubau

**Objekt:**

Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart

Erstellt am:

24.06.2010

**Eigentümer/Auftraggeber**

**Aussteller**

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**1. Projektdaten**

**1.1. Objekt**

|                  |                                    |  |                  |  |
|------------------|------------------------------------|--|------------------|--|
| Objektname(1-3): |                                    |  |                  |  |
| Objektadresse:   | Albstadtweg 1-5<br>70567 Stuttgart |  |                  |  |
| Objektteil:      | Gemarkung:                         |  | Flurstücknummer: |  |
| Informationen:   |                                    |  |                  |  |

**1.2. Eigentümer**

|                 |        |         |        |  |
|-----------------|--------|---------|--------|--|
| Name(1-3)       |        |         |        |  |
| Adresse:        |        |         |        |  |
| Telefonnummern: | priv.: |         | mobil: |  |
| Faxnummern:     | priv.: |         |        |  |
| Internet:       |        | E-Mail: |        |  |
| Informationen:  |        |         |        |  |

**1.3. Architekt**

|                 |        |         |        |  |
|-----------------|--------|---------|--------|--|
| Name(1-3)       |        |         |        |  |
| Adresse:        |        |         |        |  |
| Telefonnummern: | priv.: |         | mobil: |  |
| Faxnummern:     | priv.: |         |        |  |
| Internet:       |        | E-Mail: |        |  |
| Informationen:  |        |         |        |  |

**1.4. Bearbeiter**

|                 |        |         |        |  |
|-----------------|--------|---------|--------|--|
| Name(1-3)       |        |         |        |  |
| Adresse:        |        |         |        |  |
| Telefonnummern: | priv.: |         | mobil: |  |
| Faxnummern:     | priv.: |         |        |  |
| Internet:       |        | E-Mail: |        |  |
| Informationen:  |        |         |        |  |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : Züblin-Haus</b> |
| Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart                |

**2. Gebäudedaten**

**2.1. Randbedingungen Gebäude**

|                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Gebäudetyp:                       | Neubau                            |
| Klimazone:                        | Referenzklima Deutschland         |
| Primärenergiefaktoren bezogen auf | nur den nicht erneuerbaren Anteil |

**2.2. Geometrie Gebäude**

|  |           |
|--|-----------|
| Baujahr  | 1984      |
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 17.377,74 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 16.492,57 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 61.096,40 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 50.657,20 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00      |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 9         |
| charakteristische Länge[m]:                    | 192,00    |
| charakteristische Breite[m]:                   | 26,80     |

**2.3. Physikalische Randbedingungen für die Berechnung des stationären Leitwerts**

Randbedingungen des Gebäudes für die Berechnung der Wärmeübertragung über das Erdreich gemäß DIN EN ISO 13370. Bei der Berechnung ausschließlich mit Temperaturkorrekturfaktoren sind hier keine Angaben notwendig.

|   |                  |
|---|------------------|
| Wärmetechnisch Eigenschaften Erdreich                     | Ton oder Schluff |
| Wärmeleitfähigkeit Erdreich[W/(m K)]                      | 1,50             |
| volumenbez. Wärmekapazität Erdreich[J/(m <sup>3</sup> K)] | 3.000.000,00     |
| mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe[m/s]            | 4,00             |
| Lage Windabschirmung                                      | mittlere Lage    |
| Windabschirmfaktor[-]                                     | 0,05             |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.1. Zonendaten der Zone Zone1 Büro/Arbeitsplatz**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| $C_{wirk}/A_{NGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |           |
|--|-----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 9.165,00  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 7.849,59  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 31.153,00 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 26.472,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00      |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 7         |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h ]                        | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h ]                | 4   | 8   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungsstunden [h/d] | max. spezifische Leistung |      |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|
|                           |                           | tief                      | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 6                         | 4                         | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                         | 3                         | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung                           |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen                  |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | ja   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung                         |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Vorhandensein offensichtlicher Undichtheiten |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 10,00  |

**Warmwasserbedarf in der Zone**

|   |               |
|---|---------------|
| Trinkwarmwasserbedarf 1                 | Bürogebäude   |
| Bedarf Bezogen auf:                     | Nutzung       |
| Bezugsgröße für Bedarf:                 | 654,00        |
| Zone in der dieser Bedarf gedeckt wird: | Zone8 Sanitär |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 9.165,00              |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 12,40        |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m <sup>2</sup> ) | Netto (m <sup>2</sup> ) | U-Wert |
|--|--------------------------|-------------------------|--------|
| <b>Außenwand : 01.UG AW1</b>   | 100,17                   | 43,75                   | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |                          |                         |        |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 56,42                    | 56,42                   | 2,60   |
| Einzelfläche: 56,42 Anzahl:1 Gesamtfläche: 56,42<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |                          |                         |        |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>   | 8,12                     | 8,12                    | 0,56   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |                          |                         |        |
| <b>Außenwand : 01.UG AW1</b>   | 47,17                    | 20,60                   | 0,51   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |                          |                         |        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 26,57  | 26,57 | 2,60 |
| Einzelfläche: 26,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 26,57<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>  | 3,83   | 3,83  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW2</b>  | 34,09  | 26,93 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,16   | 7,16  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,16 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,16<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |       |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>  | 5,50   | 5,50  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : 01.UG FuW2</b>   | 39,60  | 39,60 | 0,74 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : 01.UG AW5</b>  | 100,10 | 33,30 | 0,69 |
| Ausr.: Ost Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 66,80  | 66,80 | 2,60 |
| Einzelfläche: 66,80 Anzahl:1 Gesamtfläche: 66,80<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Innendecke : 01.UG FuD2</b>  | 68,67 | 68,67 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50             |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>  | 131,22 | 70,41 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 60,81  | 60,81 | 2,60 |
| Einzelfläche: 60,81 Anzahl:1 Gesamtfläche: 60,81<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 13,07  | 13,07 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW2</b>  | 26,70  | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59   | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 2,25   | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW2</b>  | 26,70  | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59   | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>   | 2,25   | 2,25  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>   | 87,38  | 38,18 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 49,20  | 49,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 49,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 49,20<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>   | 7,09   | 7,09  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-EG AW5</b>   | 107,40 | 35,80 | 0,69 |
| Ausr.: Ost Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 71,60  | 71,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 71,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 71,60<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innendecke : A-EG FuD2</b>   | 74,70  | 74,70 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>   | 96,84  | 42,30 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 54,54 | 54,54 | 2,60 |
| Einzelfläche: 54,54 Anzahl:1 Gesamtfläche: 54,54<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>   | 7,85  | 7,85  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>   | 87,38 | 38,18 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 49,20  | 49,20  | 2,60 |
| Einzelfläche: 49,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 49,20<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 2,25   | 2,25   | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 7,09   | 7,09   | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innendecke : B-EG FuD2</b>  | 136,02 | 136,02 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW1</b>   | 199,22 | 87,02  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 16,15  | 16,15  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 13,23 | 13,23 | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 1,85  | 1,85  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-01.OG AW1</b>  | 94,14  | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>   | 53,14  | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>  | 7,65   | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG AW5</b>  | 50,40  | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 33,60  | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG AW6</b>  | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>   | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG AW7</b>  | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-01.OG AW1</b>   | 199,22 | 87,02 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                          |        |       |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 16,15  | 16,15  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 13,23  | 13,23  | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 1,85   | 1,85   | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW2</b>   | 26,70  | 21,11  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59   | 5,59   | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15     |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 2,25   | 2,25   | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-01.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW1</b>   | 94,14 | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 53,14 | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 7,65  | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-01.OG AW5</b>   | 50,40 | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 33,60 | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Innenwand : B-01.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18  | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 75,02  | 75,02  | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-01.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80  | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW1</b>   | 199,22 | 87,02  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 16,15  | 16,15  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 13,23  | 13,23  | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 1,85 | 1,85 | 0,58 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |      |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |      |      |      |
| Aufb: -  |      |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |      |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-02.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW1</b>   | 94,14 | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 53,14 | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>  | 7,65   | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-02.OG AW5</b>  | 50,40  | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 33,60  | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-02.OG AW6</b>  | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>   | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-02.OG AW7</b>  | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW1</b>  | 199,22 | 87,02 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 16,15  | 16,15  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,38 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 13,23  | 13,23  | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 1,85   | 1,85   | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW2</b>   | 26,70  | 21,11  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59   | 5,59   | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15     |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 2,25   | 2,25   | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-02.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW1</b>  | 94,14 | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>   | 53,14 | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>  | 7,65  | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-02.OG AW5</b>  | 50,40 | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 33,60 | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Innenwand : B-02.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18  | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 75,02  | 75,02  | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02   |        |        |      |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung       |        |        |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700                                  |        |        |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20                |        |        |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15                                      |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-02.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80  | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW1</b>   | 199,22 | 87,02  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20                                       |        |        |      |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung       |        |        |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700                                  |        |        |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20                |        |        |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15                                      |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 16,15  | 16,15  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 13,23  | 13,23  | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23   |        |        |      |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung       |        |        |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700                                  |        |        |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20                |        |        |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15                                      |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |      |      |      |
|---|------|------|------|
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>  | 1,85 | 1,85 | 0,58 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-03.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW1</b>   | 94,14 | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 53,14 | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 7,65   | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG AW5</b>   | 50,40  | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 33,60  | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW1</b>   | 199,22 | 87,02 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 112,20 | 112,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 112,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 112,20<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 16,15  | 16,15  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW4</b>  | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>   | 13,23  | 13,23  | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 1,85   | 1,85   | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW2</b>  | 26,70  | 21,11  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59   | 5,59   | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15     |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 2,25   | 2,25   | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-03.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW1</b>   | 94,14 | 41,00 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 53,14 | 53,14 | 2,60 |
| Einzelfläche: 53,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,14<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>   | 7,65  | 7,65  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-03.OG AW5</b>   | 50,40 | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 33,60 | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Innenwand : B-03.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18  | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster holz</b>  | 75,02  | 75,02  | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-03.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80  | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : A und B Dachterasse FD1</b>   | 309,28 | 309,28 | 0,45 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW1</b>   | 160,39 | 70,05  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 90,34  | 90,34  | 2,60 |
| Einzelfläche: 90,34 Anzahl:1 Gesamtfläche: 90,34<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>   | 13,00  | 13,00  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93   | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 13,23 | 13,23 | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 1,85  | 1,85  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-04.OG AW1</b>  | 55,50  | 24,24 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 31,26  | 31,26 | 2,60 |
| Einzelfläche: 31,26 Anzahl:1 Gesamtfläche: 31,26<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 4,50   | 4,50  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-04.OG AW5</b>  | 50,40  | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 33,60  | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-04.OG AW6</b>  | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-04.OG AW7</b>  | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |       |      |
|---|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-04.OG AW1</b>  | 160,39 | 70,05 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich             |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |       |      |
| Aufb: -   |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 90,34 | 90,34 | 2,60 |
| Einzelfläche: 90,34 Anzahl:1 Gesamtfläche: 90,34<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>  | 13,00 | 13,00 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW4</b>  | 23,16 | 9,93  | 0,36 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 13,23 | 13,23 | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>  | 1,85  | 1,85  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-04.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW1</b>   | 55,50 | 24,24 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 31,26 | 31,26 | 2,60 |
| Einzelfläche: 31,26 Anzahl:1 Gesamtfläche: 31,26<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 4,50  | 4,50  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-04.OG AW5</b>   | 50,40 | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 33,60 | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Innenwand : B-04.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Innenwand : B-04.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW1</b>   | 160,39 | 70,05 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 90,34  | 90,34 | 2,60 |
| Einzelfläche: 90,34 Anzahl:1 Gesamtfläche: 90,34<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>   | 13,00  | 13,00 | 0,58 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW4</b>   | 23,16  | 9,93  | 0,38 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 13,23  | 13,23 | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| Außenwand : A-05.OG AW3  | 1,85 | 1,85 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |      |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |      |      |      |
| Aufb: -  |      |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |      |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |      |      |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-05.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW1</b>  | 55,50 | 24,24 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 31,26 | 31,26 | 2,60 |
| Einzelfläche: 31,26 Anzahl:1 Gesamtfläche: 31,26<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>   | 4,50   | 4,50  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG AW5</b>   | 50,40  | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 33,60  | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C <sub>TL,Vers,SA</sub> [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18 | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 75,02  | 75,02 | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C <sub>TL,Vers,SA</sub> [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80 | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW1</b>   | 160,39 | 70,05 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 90,34 | 90,34 | 2,60 |
| Einzelfläche: 90,34 Anzahl:1 Gesamtfläche: 90,34<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>   | 13,00 | 13,00 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW4</b>   | 23,16 | 9,93  | 0,36 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 13,23 | 13,23 | 2,60 |
| Einzelfläche: 13,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 13,23<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>   | 1,85  | 1,85  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW2</b>   | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>   | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-05.OG AW2</b>  | 26,70 | 21,11 | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 5,59  | 5,59  | 2,60 |
| Einzelfläche: 5,59 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,59<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>  | 2,25  | 2,25  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW1</b>  | 55,50 | 24,24 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 31,26 | 31,26 | 2,60 |
| Einzelfläche: 31,26 Anzahl:1 Gesamtfläche: 31,26<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>  | 4,50  | 4,50  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-045.OG AW5</b>   | 50,40 | 16,80 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 33,60 | 33,60 | 2,60 |
| Einzelfläche: 33,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 33,60<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Innenwand : B-05.OG AW6</b>   | 133,20 | 58,18  | 0,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 75,02  | 75,02  | 2,60 |
| Einzelfläche: 75,02 Anzahl:1 Gesamtfläche: 75,02<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-05.OG AW7</b>   | 10,80  | 10,80  | 0,53 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innendecke : A und B 05.OG FD2</b>  | 246,00 | 246,00 | 0,45 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : A und B FD1 Flachdach Terrasse</b>  | 405,60 | 405,60 | 0,45 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.2. Zonendaten der Zone Zone2 Büro RLT**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{INGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: Beheizung und Kühlung<br>RLT Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 713,00   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.404,22 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 2.466,00 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.004,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 1        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |            |
|--|------------|
| Bodenplatte auf Erdreich                                 | ja         |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,00       |
| zusätzliche Randdämmung vorhanden [-]:                   | nein       |
| Art der zusätzliche Randdämmung [-]:                     | horizontal |



## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h ]                        | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h ]                | 4   | 8   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein                                   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                   |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:                           | Alle sonstigen Gebäude                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00                                   |
| <b>Mechanische Lüftung</b>                                 |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig                            |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | ja                                     |
| <b>Wärmerückgewinnung</b>                                  |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Keine Wärmerückgewinnung               |
| <b>Luftbefeuchtung</b>                                     |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz                          |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [C°]:   | 14,00                                  |
| <b>Luftvolumenströme</b>                                   |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja                                     |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 12.800,00                              |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 12.800,00                              |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein                                   |
| <b>Luftförderung</b>                                       |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1 |
| <b>Anlagenauslastung</b>                                   |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00                                  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00                                  |

**Warmwasserbedarf in der Zone**

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Trinkwarmwasserbedarf 1</b>          | Bürogebäude   |
| Bedarf Bezogen auf:                     | Nutzung       |
| Bezugsgröße für Bedarf:                 | 50,00         |
| Zone in der dieser Bedarf gedeckt wird: | Zone8 Sanitär |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 713,00                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 13,50        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : A-06.OG AW1</b>  | 119,33      | 52,13      | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich            |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 67,20  | 67,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 67,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 67,20<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG AW3</b>   | 9,68   | 9,68  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : A-06.OG AW5</b>   | 132,00 | 44,00 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 88,00  | 88,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 88,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 88,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG AW1</b>   | 119,33 | 52,13 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 67,20  | 67,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 67,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 67,20<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |       |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG AW3</b>   | 9,68   | 9,68  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |       |      |
| <b>Innenwand : B-06.OG AW5</b>   | 132,00 | 44,00 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 88,00 | 88,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 88,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 88,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,7000 $g_{\text{opt.}}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Innendecke : A und B FuD1</b>   | 882,20 | 882,20 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |

**4.3. Zonendaten der Zone Zone4 Besprechnung RLT**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| $C_{\text{wlrk}}/A_{\text{INSE}}$ [Wh/m²K]:                       | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: Beheizung und Kühlung<br>RLT Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 339,00   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 483,62   |
| Bruttovolumen[m³]:                | 1.435,00 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 1.134,00 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 2        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |            |
|--|------------|
| Bodenplatte auf Erdreich                                 | ja         |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,00       |
| zusätzliche Randdämmung vorhanden [-]:                   | nein       |
| Art der zusätzliche Randdämmung [-]:                     | horizontal |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 4 Besprechung, Sitzung, Seminar

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 20  |     |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 15  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min | max |
| Luftwechsel [1/h ]                                    | 5   | 7   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h ]                            | 10  | 15  |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 4      | 3      | 2    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |                    |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|------|
|                           |                                | tief             | Leistung<br>mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18               | 24                 | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein                                   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00                                   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig                            |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein                                   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Keine Wärmerückgewinnung               |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz                          |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00                                  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | nein                                   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein                                   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00                                  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00                                  |

### Warmwasserbedarf in der Zone

|   |               |
|---|---------------|
| Trinkwarmwasserbedarf 1                 | Bürogebäude   |
| Bedarf Bezogen auf:                     | Nutzung       |
| Bezugsgröße für Bedarf:                 | 113,00        |
| Zone in der dieser Bedarf gedeckt wird: | Zone8 Sanitär |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 339,00                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 8,20         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>   | 26,63       | 11,63      | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich            |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 15,00 | 15,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 15,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 15,00<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 2,16  | 2,16  | 0,58 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-EG AW5</b>  | 28,80 | 9,60  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 19,20 | 19,20 | 2,60 |
| Einzelfläche: 19,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 19,20<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Decke zu Außenluft : A-EG ABL1 gegen TG-Einfahrt</b>  | 47,52 | 47,52 | 0,34 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>  | 26,63 | 11,63 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 15,00 | 15,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 15,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 15,00<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 2,16  | 2,16  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| <b>Innenwand : B-EG AW5</b>  | 28,80 | 9,60 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |       |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |      |      |
| Aufb: -  |       |      |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |       |      |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 19,20  | 19,20  | 2,60 |
| Einzelfläche: 19,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 19,20<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |        |      |
| <b>Innendecke : B-EG FuD2 gegen Keller</b>  | 129,34 | 129,34 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG AW4</b>  | 29,69  | 12,97  | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 16,72  | 16,72  | 2,60 |
| Einzelfläche: 16,72 Anzahl:1 Gesamtfläche: 16,72<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG AW3</b>  | 2,40   | 2,40   | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG AW4</b>  | 29,69  | 12,97  | 0,36 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 16,72  | 16,72  | 2,60 |
| Einzelfläche: 16,72 Anzahl:1 Gesamtfläche: 16,72<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG AW3</b>  | 2,40   | 2,40   | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Innendecke : A und B FuD1</b>  | 127,40 | 127,40 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80               |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00                            |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |

**4.4. Zonendaten der Zone Zone5 Kopierer/Server**

**Randbedingungen der Zone**

|   |   |
|---|---|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone   |
| C <sub>mitk</sub> /A <sub>mitk</sub> [Wh/m²K]:                    | 90  |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: Beheizung und Kühlung<br>RLT Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja  |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung   |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung   |

**Geometrie der Zone**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 336,00   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 79,20    |
| Bruttovolumen[m³]:                | 1.147,00 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 972,00   |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 1        |



## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 21 Serverraum, Rechenzentrum

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 0   | 24   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 365  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 4407 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 4353 |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 0   | 24   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 365  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 0   | 24   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 40      |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 1,3     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min max |
| Luftwechsel [1/h ]                                    | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft[1/h ]                            | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,96 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,5  |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 40     | 30     | 20   |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>Leistung |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|------|
|                           |                                | tief                         | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 2                            | 2,5    | 4    |
| Arbeitshilfen             | 12                             | 50                           | 150    | 500  |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : Züblin-Haus</b> |
| Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart                |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                             |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 336,00                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[ix]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 12,50                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : A-01.OG AW1</b>   | 3,46        | 1,51       | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00        |             |            |        |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95        | 1,95       | 2,60   |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95                                     |             |            |        |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>lot.</sub> : 0,1700                            |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20                       |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C <sub>TL,Vers,SA</sub> [-]: 0,15                     |             |            |        |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 0,28        | 0,28       | 0,56   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00        |             |            |        |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW1</b>   | 3,46        | 1,51       | 0,51   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                    |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00        |             |            |        |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW1</b>   | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW1</b>   | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |      |      |      |
|---|------|------|------|
| <b>Außenwand : A-O3.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-O3.OG AW3</b>  | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-O3.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-O3.OG AW3</b>  | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-O4.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |      |      |      |
|---|------|------|------|
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>  | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>  | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW1</b>  | 3,46 | 1,51 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95  | 1,95  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>   | 0,28  | 0,28  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-06.OG AW5</b>   | 9,60  | 3,20  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 6,40  | 6,40  | 2,60 |
| Einzelfläche: 6,40 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,40<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-06.OG AW5</b>   | 9,60  | 3,20  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 6,40  | 6,40  | 2,60 |
| Einzelfläche: 6,40 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,40<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innendecke : A und B 06.OG FuD2</b>   | 22,60 | 22,60 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.5. Zonendaten der Zone Zone6 Technik/Lager/Archiv**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| $C_{wtrk}/A_{NGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.840,00 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 2.431,50 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 6.054,00 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 5.193,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 9        |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 20 Lager, Technik, Archiv

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 0,15    |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min max |
| Luftwechsel [1/h]                                     | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                             | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 1    |
| relative Abwesenheit                     | 0,98 |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 0      | 0      | 0    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>Leistung |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|------|
|                           |                                | tief                         | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                            | 0      | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                            | 0      | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):



## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                             |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 1.840,00              |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 3,30         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 02.UG AWE2</b>                        | 442,20      | 442,20     | 0,81   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,60             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Innenwand : 02.UG FuW3</b>   | 370,65      | 370,65     | 2,75   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50               |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Boden gegen Erdreich : 02.UG Bop1</b>                                    | 1.046,45    | 1.046,45   | 4,10   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,25             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 3.685,95                       |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Innenwand : 01.UG FuW2</b>   | 82,80       | 82,80      | 0,74   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50               |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Innenwand : 01.UG FuW3</b>   | 149,70 | 149,70 | 2,75 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Innendecke : 01.UG FuD2</b>  | 82,50  | 82,50  | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE2</b>  | 198,90 | 198,90 | 0,81 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,60<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW1</b>  | 3,47   | 1,52   | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95   | 1,95   | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>  | 0,28   | 0,28   | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW1</b>  | 3,47   | 1,52   | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,95   | 1,95   | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,58 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Außenwand : B-04.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |      |      |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>   | 0,28 | 0,28 | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |      |      |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW1</b>   | 3,47 | 1,52 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |      |      |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,95 | 1,95 | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,95 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,95<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |      |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>  | 0,28  | 0,28  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                |       |       |      |
| <b>Innendecke : 06.OG A und B FuD2 gegen Technikdach</b>  | 20,80 | 20,80 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**4.6. Zonendaten der Zone Zone7 Kantine**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| C <sub>win</sub> /A <sub>win</sub> [Wh/m²K]:                      | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Einfaches Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 394,34   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 927,76   |
| Bruttovolumen[m³]:                | 2.958,00 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 2.602,00 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 7,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 1        |



## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 12 Kantine

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 8   | 15   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 1748 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 2    |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 6   | 15   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 6   | 15   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 30  |     |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 18  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                                     | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                             | 0   | 0   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 200  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,97 |
| relative Abwesenheit                     | 0    |
| Raumindex                                | 2,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 1,4    | 1,2    | 0,8  |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 3                              | 50                       | 59                 | 88   |
| Arbeitshilfen             | 5                              | 1                        | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | Ungeregelter Verdunstungsbefeuchter                    |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [C°]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | nein   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Warmwasserbedarf in der Zone**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| Trinkwarmwasserbedarf 1                 | Bürogebäude                         |
| Bedarf Bezogen auf:                     | Nutzung                             |
| Bezugsgröße für Bedarf:                 | 328,00                              |
| Zone in der dieser Bedarf gedeckt wird: | Zone9 Küche/ Lager und Vorbereitung |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 394,34                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 200,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 2,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 2,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 18,90        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : B-01.UG AW1</b>  | 191,65      | 84,65      | 0,51   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich             |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 107,00 | 107,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 107,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 107,00<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,7000 $g_{\text{hor.}}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-01.UG AW3</b>  | 15,54  | 15,54  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-01.UG FuW2</b>   | 39,60  | 39,60  | 0,39 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-01.UG AW5</b>  | 229,60 | 32,80  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 196,80 | 196,80 | 2,60 |
| Einzelfläche: 196,80 Anzahl:1 Gesamtfläche: 196,80<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,7000 $g_{\text{hor.}}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Innendecke : B-01.UG FuD3</b>  | 422,67 | 422,67 | 0,39 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-01.UG FuW1</b>   | 28,70  | 28,70  | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.7. Zonendaten der Zone Zone8 Sanitär**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{\text{WIR}}/A_{\text{UNGE}}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:           | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Einfaches Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 730,00   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.190,81 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 2.489,00 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.118,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 8        |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 15      |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min max |
| Luftwechsel [1/h]                                     | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                             | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 200 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8 |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,9 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 0      | 0      | 0    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>Leistung |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|------|
|                           |                                | tief                         | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                            | 0      | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                            | 0      | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Reine Abluftanlage                                     |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 0,00   |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen                             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [C°]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 0,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 15.650,00  |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Warmwasserbedarf in der Zone**

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| <b>Trinkwarmwasserbedarf 1</b>          | Bürogebäude                        |
| Bedarf Bezogen auf:                     | Fläche                             |
| Bezugsgröße für Bedarf:                 | 730,00                             |
| Zone in der dieser Bedarf gedeckt wird: | Bedarf wird in dieser Zone gedeckt |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 730,00                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 200,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 17,70                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : A-01.UG AW1</b>  | 6,94        | 3,03       | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich            |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 3,91  | 3,91  | 2,60 |
| Einzelfläche: 3,91 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,91<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.UG AW3</b>  | 0,56  | 0,56  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.UG FuW1</b>   | 49,20 | 49,20 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>   | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-EG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}$ : 0,7000 $g_{tot.}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-EG FuW1</b>   | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innendecke : B-EG FuD1</b>  | 24,03 | 24,03 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}$ : 0,7000 $g_{tot.}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-01.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-01.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |      |      |
|---|-------|------|------|
| <b>Außenwand : A-02.OG AW1</b>  | 13,88 | 6,06 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich            |       |      |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |      |      |
| Aufb: -   |       |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |      |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-02.OG AW5</b>  | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-02.OG FuW1</b>   | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW1</b>  | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| <b>Innenwand : B-02.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |       |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |      |      |
| Aufb: -  |       |      |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |       |      |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00  |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-02.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| <b>Außenwand : B-03.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06 | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                          |       |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |      |      |
| Aufb: -  |       |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-03.OG AW5</b>  | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-03.OG FuW1</b>   | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW1</b>  | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| <b>Innenwand : A-04.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |       |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |      |      |
| Aufb: -  |       |      |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |       |      |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00  |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-04.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-04.OG AW5</b>   | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-04.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| <b>Außenwand : A-05.OG AW1</b>   | 13,88 | 6,06 | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                         |       |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |      |      |
| Aufb: -  |       |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |      |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG AW5</b>  | 18,00 | 6,00  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG FuW1</b>   | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_S$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW1</b>  | 13,88 | 6,06  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 7,82  | 7,82  | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,7000$ $g_{tot.}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>  | 1,12  | 1,12  | 0,56 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |      |      |
|---|-------|------|------|
| <b>Innenwand : B-05.OG AW5</b>  | 18,00 | 6,00 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |       |      |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |      |      |
| Aufb: -   |       |      |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50               |       |      |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00                            |       |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |      |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 12,00 | 12,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 12,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,00<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-05.OG FuW1</b>  | 49,70 | 49,70 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG AW1</b>   | 6,93  | 3,03  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 3,90  | 3,90  | 2,60 |
| Einzelfläche: 3,90 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,90<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG AW3</b>   | 0,56  | 0,56  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-06.OG AW5</b>   | 9,60  | 3,20  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 6,40  | 6,40  | 2,60 |
| Einzelfläche: 6,40 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,40<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-06.OG FuW1</b>  | 24,60 | 24,60 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Innendecke : A-06.OG FuD1</b>  | 35,15 | 35,15 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80               |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K] : 0,00                            |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-06.OG AW1</b>  | 6,93  | 3,03  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 3,90  | 3,90  | 2,60 |
| Einzelfläche: 3,90 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,90<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG AW3</b>  | 0,56  | 0,56  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-06.OG AW5</b>  | 9,60  | 3,20  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 6,40  | 6,40  | 2,60 |
| Einzelfläche: 6,40 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,40<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-06.OG FuW1</b>   | 24,60 | 24,60 | 0,54 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innendecke : B-06.OG FuD1</b>  | 35,15 | 35,15 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.8. Zonendaten der Zone Zone9 Küche/ Lager und Vorbereitung**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| $C_{wirk}/A_{wGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Einfaches Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 368,00   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 537,64   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 1.201,00 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 1.034,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 2        |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 14 Küchen in Nichtwohngebäuden

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 10  | 23   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 300  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2404 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 1496 |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 8   | 23   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 300  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 8   | 23   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m <sup>3</sup> je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m <sup>3</sup> /(h*m <sup>2</sup> )]  | 90      |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)                        | min max |
| Luftwechsel [1/h]                                     | 15 25   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                             | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,96 |
| relative Abwesenheit                     | 0    |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m <sup>2</sup> je Person | 10     | 10     | 10   |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungsstunden [h/d] | max. spezifische Leistung |        |      |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|------|
|                           |                           | tief                      | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 7                         | 8                         | 8      | 8    |
| Arbeitshilfen             | 6                         | 200                       | 300    | 400  |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein                                   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00                                   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig                            |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein                                   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Keine Wärmerückgewinnung               |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz                          |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [C°]:   | 14,00                                  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | nein                                   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein                                   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00                                  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00                                  |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 368,00                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 16,60        |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 02.UG AWE2</b>                        | 137,85      | 137,85     | 0,81   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,60             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Innenwand : 02.UG FuW3</b>   | 39,60       | 39,60      | 0,39   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50               |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Boden gegen Erdreich : 02.UG BoP11</b>  | 222,36 | 222,36 | 4,10 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,45<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 783,23<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW1</b>   | 43,70  | 19,09  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 24,61  | 24,61  | 2,60 |
| Einzelfläche: 24,61 Anzahl:1 Gesamtfläche: 24,61<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>   | 3,54   | 3,54   | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW2</b>   | 34,09  | 26,93  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 7,16   | 7,16   | 2,60 |
| Einzelfläche: 7,16 Anzahl:1 Gesamtfläche: 7,16<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>   | 5,50   | 5,50   | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW1</b>   | 47,17  | 21,17  | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 26,00 | 26,00 | 2,60 |
| Einzelfläche: 26,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 26,00<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW3</b>   | 3,83  | 3,83  | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |

### 4.9. Zonendaten der Zone Zone10 Verkehrswege

#### Randbedingungen der Zone

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| C <sub>WIK</sub> /A <sub>INZE</sub> [Wh/m <sup>2</sup> K]:        | 90   |
| Wärmebrücken:   | Berechneter Pauschalwert   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

#### Geometrie der Zone

|  |           |
|--|-----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 3.492,40  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.588,23  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 12.193,40 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 9.128,20  |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00      |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6         |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 19 Verkehrsflächen

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 0       |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min max |
| Luftwechsel [1/h ]                        | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft[1/h ]                | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0   |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,8 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>Leistung |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|------|
|                           |                                | tief                         | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                            | 0      | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                            | 0      | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                             |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 3.492,40              |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 9,30         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>  | 36,99       | 4,36       | 0,51   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00        |             |            |        |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 5,63        | 5,63       | 2,60   |
| Einzelfläche: 5,63 Anzahl:1 Gesamtfläche: 5,63                                     |             |            |        |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700                            |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20                       |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15                                |             |            |        |
| <b>Fenster : Haupteingang</b>  | 27,00       | 27,00      | 2,60   |
| Einzelfläche: 27,00 Anzahl:1 Gesamtfläche: 27,00                                   |             |            |        |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700                            |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20                       |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15                                |             |            |        |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 0,81        | 0,81       | 0,58   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00        |             |            |        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-EG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-EG AW5</b>  | 60,75 | 14,35 | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 28,70 | 28,70 | 2,60 |
| Einzelfläche: 28,70 Anzahl:1 Gesamtfläche: 28,70<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Drahtglastür Halle</b>   | 17,70 | 17,70 | 2,60 |
| Einzelfläche: 17,70 Anzahl:1 Gesamtfläche: 17,70<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}} : 0,7000$ $g_{\text{tot.}} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW1</b>   | 6,66  | 2,91  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 3,75  | 3,75  | 2,60 |
| Einzelfläche: 3,75 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,75<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}} : 0,7000$ $g_{\text{tot.}} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-EG AW3</b>   | 0,54  | 0,54  | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innendecke : A-EG FuD2</b>   | 63,80 | 63,80 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innendecke : A-EG ABL1</b>   | 47,52 | 47,52 | 0,34 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>   | 16,92 | 7,39  | 0,51 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 9,53  | 9,53  | 2,60 |
| Einzelfläche: 9,53 Anzahl:1 Gesamtfläche: 9,53<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}} : 0,7000$ $g_{\text{tot.}} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |      |      |      |
|--|------|------|------|
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 1,37 | 1,37 | 0,58 |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich                          |      |      |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |      |      |      |
| Aufb: -  |      |      |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                                |      |      |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |      |      |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-EG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-EG AW5</b>   | 25,59 | 8,53  | 0,69 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>   | 17,06 | 17,06 | 2,60 |
| Einzelfläche: 17,06 Anzahl:1 Gesamtfläche: 17,06<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}: 0,7000$ $g_{\text{tot.}}: 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Außenwand : B-EG AW1</b>  | 6,66   | 2,91   | 0,51 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 3,75   | 3,75   | 2,60 |
| Einzelfläche: 3,75 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,75<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-EG AW3</b>  | 0,54   | 0,54   | 0,56 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innendecke : B-EG FuD2</b>  | 201,00 | 201,00 | 0,59 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW2</b>   | 7,49   | 5,92   | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57   | 1,57   | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 1,21   | 1,21   | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW2</b>   | 7,49   | 5,92   | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>lot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-01.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-01.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>lot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-01.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>lot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-01.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-01.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-02.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Innenwand : A-02.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-02.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-02.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-03.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-03.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-03.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,7000 $g_{\text{tot}}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,7000 $g_{\text{tot}}$ : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-03.OG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-03.OG Drahtglastüre</b>  | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : A_B-03.OG FD1</b>  | 79,52 | 79,52 | 0,45 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-04.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-04.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.} : 0,7000$ $g_{tot.} : 0,1700$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-04.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : B-04.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW2</b>   | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>   | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>   | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Außenwand : A-05.OG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : A-05.OG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innenwand : A-05.OG Drahtglastüre</b>  | 17,70 | 17,70 | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fernster Holz</b>  | 1,57  | 1,57  | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr</sub> : 0,7000 g <sub>tot</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>  | 1,21  | 1,21  | 0,58 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW2</b>  | 7,49  | 5,92  | 0,44 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Fenster : Fenster Holz</b>  | 1,57   | 1,57   | 2,60 |
| Einzelfläche: 1,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,57<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Doppelverglasung - vertikale Markise grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,7000 g <sub>tot.</sub> : 0,1700<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,82 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 2,20<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-05.OG AW3</b>   | 1,21   | 1,21   | 0,56 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-05.OG Drahtglastüre</b>   | 17,70  | 17,70  | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : A_B-05.OG FD1</b>   | 111,28 | 111,28 | 0,45 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG FDF4</b>  | 51,60  | 51,60  | 3,00 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : A-06.OG FDF4</b>  | 51,60  | 51,60  | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : A-06.OG Drahtglastür</b>  | 33,90  | 33,90  | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innendecke : A-06.OG FuD1</b>   | 134,14 | 134,14 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Außenwand : B-06.OG FDF4</b>  | 51,60  | 51,60  | 3,00 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00                               |        |        |      |
| <b>Außenwand : B-06.OG FDF4</b>  | 51,60  | 51,60  | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00                                |        |        |      |
| <b>Innenwand : B-06.OG Drahtglastür</b>  | 33,90  | 33,90  | 3,00 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00          |        |        |      |
| <b>Innendecke : B-06.OG FuD1</b>   | 134,14 | 134,14 | 0,57 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### 5. Anlagentechnik

#### 5.1. Übersicht über alle Anlagenbereiche

##### Heizung

| Name(Erzeugung) | Art   | Energieträger, (fP) | Vorlauf, Rücklauf [C°] | Nennleistung [kW] |
|-----------------|---|---------------------|------------------------|-------------------|
| EE Wärme 1      |   |                     |                        |                   |
| Wärmeerzeuger 1 | konventioneller Kessel kombiniert (Heizung/Trinkwarmwasser); Niedertemperaturkessel | Erdgas H; 1,10      | 80,00; 60,00           | 1.500,00          |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A1           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 102,90    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 24,00     | 0,26           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 43,10               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 2,30        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 10,80       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 20,60       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A2           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 311,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 121,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 66,26               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 9,50        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 10,50       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär              | 11,20       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 0,90        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A3           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 262,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 112,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 71,67               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 9,50        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT             | 13,30       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT      | 7,10        |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 8,50        |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär              | 12,80       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 0,50        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A4           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 0,00      | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 2,00      | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 19,34               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 0,60        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 7,00        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A5           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 29,30     | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 9,00      | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 10,91               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 0,50        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e    | 0,40        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A6           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 46,70     | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 9,00      | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 26,26               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 0,90        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechungs RLT     | 7,10        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 8,70        |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 2,50        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A7           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 206,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 93,00     | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art | Regelung | Dimensionierung [W] |
|--------------|-----|----------|---------------------|
|              |     |          |                     |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 6,90        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT             | 13,30       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechungs RLT     | 14,40       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 11,40       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär              | 11,20       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 0,50        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A8           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 344,90    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 120,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 75,03               |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 8,90        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Kopierer/Server      | 7,40        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 19,00       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär              | 9,60        |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 20,20       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang A9           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 396,80    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 176,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 91,14               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 15,90       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT          | 27,80       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT   | 13,40       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Kopierer/Server   | 26,10       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär           | 7,40        |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e    | 4,80        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B1           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 367,60    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 117,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung   | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | ungeregelt | 83,50               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                       | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 7,90        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 24,10       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär              | 9,60        |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e       | 0,80        |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B2           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 403,40    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 97,00     | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 88,35               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 7,40        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT          | 8,30        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT   | 4,70        |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Kopierer/Server   | 66,50       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär           | 11,20       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrswege     | 21,80       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B3           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 88,70     | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 12,00     | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 22,52               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                  | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-----------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT | 16,10       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Kantine         | 8,50        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrswege   | 1,80        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B4           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 100,70    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 9,00      | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 30,82               |



**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                 | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|----------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT       | 17,80       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär        | 2,10        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e | 0,80        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B5           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 322,30    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 120,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung   | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | ungeregelt | 86,12               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 6,90        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT          | 5,20        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT   | 19,20       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär           | 11,20       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Kantine           | 55,00       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B6           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 359,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 120,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 74,35               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 8,80        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär           | 9,60        |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e    | 3,10        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B7           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 127,20    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 8,00      | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art | Regelung | Dimensionierung [W] |
|--------------|-----|----------|---------------------|
|              |     |          |                     |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                                | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz             | 0,10        |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9 Küche/ Lager und Vorbereitung | 100,00      |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e                | 20,00       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Strang B8           | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 429,30    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 189,00    | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 106,99              |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                    | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro/Arbeitsplatz | 13,90       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT          | 14,30       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Besprechung RLT   | 18,00       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Kantine           | 36,50       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär           | 4,10        |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Verkehrsweg e    | 1,30        |

**Warmwasser**

| Name(Erzeugung) | Heizung u. TWW | Art   | Energieträger, (fP) | Vorlauf; Rücklauf [C°] | Nennleistung [kW] |
|-----------------|----------------|---|---------------------|------------------------|-------------------|
| Wärmeerzeuger 1 | ja             | konventioneller Kessel kombiniert (Heizung/Trinkwarmwasser); Niedertemperaturkessel | Erdgas H; 1,10      | 80,00; 60,00           | 1.500,00          |
| Speicher 1      |                | indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher  |                     |                        |                   |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten     |
|---------------------|-------------------|-----------------------|
| VK Warmwasser 1     | indirektes System | EE Warmwasser 1(100%) |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 500,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 30,00     | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung   | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | ungeregelt | 77,68               |

| Name(Übergaben) | Zone                                | Deckung [%] |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone8 Sanitär                       | 50,00       |
| Übergabe 2      | Zone9 Küche/ Lager und Vorbereitung | 50,00       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten     |
|---------------------|-------------------|-----------------------|
| VK Warmwasser 2     | indirektes System | EE Warmwasser 1(100%) |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 500,00    | 0,30           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 30,00     | 0,40           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung   | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | ungeregelt | 77,68               |

| Name(Übergaben) | Zone                                | Deckung [%] |
|-----------------|-------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone8 Sanitär                       | 50,00       |
| Übergabe 2      | Zone9 Küche/ Lager und Vorbereitung | 50,00       |

**Kühlung**

| Name(Erzeugung)  | Art   | Primärkreis Vorlauf, Rücklauf [C°] |
|------------------|---|------------------------------------|
| EE Kälte 1 06.OG |   | 6,00; 12,00                        |
| Kälteerzeuger 1  | Kompressionskältemaschine                       |                                    |
| Pumpe 1          | saisonale sowie Nacht- und Wochenendabschaltung |                                    |
| EE Kälte 2 Rest  |   | 6,00; 12,00                        |
| Kälteerzeuger 1  | Kompressionskältemaschine                       |                                    |
| Pumpe 1          | ganzjähriger Betrieb der Pumpen                 |                                    |

| Name(Verteilkreise) | Art  | Erzeugereinheiten      |
|---------------------|--|------------------------|
| VK Kühlung 1        | direktes System (direkte Wärme-/Kälteabgabe) | EE Kälte 1 06.OG(100%) |

| Name(Übergaben) | Zone                  | Deckung [%] |
|-----------------|-----------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT        | 100,00      |
| Übergabe 3      | Zone4 Besprechung RLT | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art  | Erzeugereinheiten     |
|---------------------|--|-----------------------|
| VK Kühlung 2        | direktes System (direkte Wärme-/Kälteabgabe) | EE Kälte 2 Rest(100%) |

| Name(Übergaben) | Zone                  | Deckung [%] |
|-----------------|-----------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone5 Kopierer/Server | 100,00      |

**Raumlufttechnik**

| Name(Erzeugung) | Systemtemperatur Vorlauf, Rücklauf [C°] |
|-----------------|---|
| EE RLT 1        | 70,00; 55,00                            |
| EE RLT 2        | 70,00; 55,00                            |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Warmluft 1       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone           | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT | 0,90         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Warmluft 2       | indirektes System | EE RLT 2(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone4 Besprechung RLT | 0,90         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Kaltluft 1       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone           | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|--------------|-------------|
| Übergabe 2      | Zone2 Büro RLT | 1,00         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Kaltluft 2       | indirektes System | EE RLT 2(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|-----------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone4 Besprechung RLT | 1,00         | 100,00      |

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Technikkreise**

| Name(Technikkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| TK Heizregister 1   | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art           | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|---------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung | Leitungsführung innen | 40,00     | 0,30           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 354,68              |

| Name(Übergaben) | Bedarfsdeckung | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|-------------|
| Übergabe 1      | EE RLT 1       | 100,00      |

| Name(Technikkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| TK Heizregister 2   | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art           | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|---------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung | Leitungsführung innen | 40,00     | 0,30           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 180,82              |

| Name(Übergaben) | Bedarfsdeckung | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|-------------|
| Übergabe 1      | EE RLT 2       | 100,00      |

| Name(Technikkreise) | Art               | Erzeugereinheiten      |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| TK Kühlregister 1   | indirektes System | EE Kälte 1 06.OG(100%) |

| Name(Pumpen) | Art | Regelung | Dimensionierung [W] |
|--------------|-----|----------|---------------------|
|              |     |          |                     |

| Name(Übergaben) | Bedarfsdeckung | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|-------------|
| Übergabe 1      | EE RLT 1       | 100,00      |

| Name(Technikkreise) | Art               | Erzeugereinheiten     |
|---------------------|-------------------|-----------------------|
| TK Kühlregister 2   | indirektes System | EE Kälte 2 Rest(100%) |

| Name(Pumpen) | Art | Regelung | Dimensionierung [W] |
|--------------|-----|----------|---------------------|
|              |     |          |                     |

| Name(Übergaben) | Bedarfsdeckung | Deckung [%] |
|-----------------|----------------|-------------|
| Übergabe 1      | EE RLT 2       | 100,00      |

## Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Eingabeprotokoll - Projekt : Züblin-Haus

Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart

#### 6. Erzeugereinheiten für Wärme und Kälte

Die Erzeugereinheiten fassen Erzeuger und Speicher zu einer Einheit zusammen, die durch Kreise an Verbraucher angeschlossen werden.

##### 6.1. Erzeugereinheit Wärme EE Wärme 1

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 192,00 Breite[m]: 26,80 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00 Anzahl Geschosse: 9

**Erzeuger Typ: konventioneller Kessel kombiniert (Heizung/Trinkwarmwasser) Name: Wärmeerzeuger 1**

Baujahr: 1984 Kombiniertes Wärme/Warmwasser Erzeuger: ja  
Energieträger: Erdgas H

Umgebung Zone: Standardwert unbeheizte Umgebung (13°)  
Betriebsweise bei kombiniertem Erzeuger: -  
Spezifizierung: Niedertemperaturkessel, Gebläsekessel

Konstanttemperaturkessel mit Mischer: ja  
Elektrische Kesselregelung vorhanden: ja  
Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlusten: nein Messwert[-]: 0

##### Kennwerte des Erzeugers

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Vorlauftemperatur[C°]:                | 80,00    |
| Rücklauftemperatur[C°]:               | 60,00    |
| Kessel-Nennleistung [kW]:             | 1.500,00 |
| Betriebsbereitschaftsverlust [-]:     | 0,00     |
| Kesselwirkungsgrad [-]:               | 0,88     |
| Leistungsaufnahme [kW]:               | 0,00     |
| Leistungsaufnahme: (Schlummer.) [kW]: | 0,02     |
| Prüftemperatur 100 [°C]:              | 70,00    |
| Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]:  | 0,87     |
| Prüftemperatur bei Teillast [°C]:     | 40,00    |
| Lastbereich Teillast [-]:             | 0,30     |
| elektr. Leistungsaufn. Teillast [kW]: | 0,00     |

##### 6.2. Erzeugereinheit Trinkwarmwasser EE Warmwasser 1

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 192,00 Breite[m]: 26,80 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00 Anzahl Geschosse: 9

**Erzeuger Typ: konventioneller Kessel kombiniert (Heizung/Trinkwarmwasser) Name: Wärmeerzeuger 1**

Baujahr: 1984 Kombiniertes Wärme/Warmwasser Erzeuger: ja  
Energieträger: Erdgas H

Umgebung Zone: Standardwert unbeheizte Umgebung (13°)  
Betriebsweise bei kombiniertem Erzeuger: -  
Spezifizierung: Niedertemperaturkessel, Gebläsekessel

Konstanttemperaturkessel mit Mischer: ja  
Elektrische Kesselregelung vorhanden: ja  
Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlusten: nein Messwert[-]: 0

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |  |
|---|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : Züblin-Haus</b> |  |
| Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart                |  |

|                                       |          |
|---------------------------------------|----------|
| Vorlauftemperatur[C°]:                | 80,00    |
| Rücklauftemperatur[C°]:               | 60,00    |
| Kessel-Nennleistung [kW]:             | 1.500,00 |
| Betriebsbereitschaftsverlust [-]:     | 0,00     |
| Kesselwirkungsgrad [-]:               | 0,88     |
| Leistungsaufnahme [kW]:               | 0,00     |
| Leistungsaufnahme: (Schlummer.) [kW]: | 0,02     |
| Prüftemperatur 100 [°C]:              | 70,00    |
| Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]:  | 0,87     |
| Prüftemperatur bei Teillast [°C]:     | 40,00    |
| Lastbereich Teillast [-]:             | 0,30     |
| elektr. Leistungsaufn. Teillast [kW]: | 0,00     |

**Speicher Speicher 1**

Baujahr: 1990  
Positionierung: stehend      Randbedingungen Umgebung: Standardwert unbeheizte Umgebung (13°)  
Typ: indirekt beheizter Trinkwarmwasserspeicher  
Separate Umwälzpumpe notwendig: nein

**Kennwerte des Speichers**

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Bereitschaftswärmeverlust:   | 5,57     |
| Speichermehrinhalt:          | 3.000,00 |
| Nennleistungsaufnahme Pumpe: | 513,09   |

**6.3. Erzeugereinheit Kälte EE Kälte 1 06.OG**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 192,00    Breite[m]: 26,80    mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00    Anzahl Geschosse: 9

**Erzeuger Typ: Kompressionskältemaschine Name: Kälteerzeuger 1**

Baujahr:  
Umgebung Zone:  
Energieträger: -

**Kennwerte des Erzeugers**

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| Kennwert                            | Wert   |
| Art der Kühlung:                    | wassergekühlt                                |
| Art der Teillastregelung:           | Zweipunktregelung für Einzonensystem taktend |
| Art Raumklimagerät:                 | -  |
| Kaltwasseraustrittstemperatur[°C]:  | 6,0  |
| Verdampfungstemperatur[°C]:         | 0,0  |
| Heizmedieneintrittstemperatur [°C]: | 130,0  |
| Dampferzeugung:                     | -  |
| Art Verdichter:                     | Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW   |
| Art Kältemittel:                    | R134a  |
| Art Kaltwassereintritt:             | konstant                                     |

**6.4. Erzeugereinheit Kälte EE Kälte 2 Rest**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 192,00    Breite[m]: 26,80    mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00    Anzahl Geschosse: 9

**Erzeuger Typ: Kompressionskältemaschine Name: Kälteerzeuger 1**

Baujahr:  
Umgebung Zone:  
Energieträger: -

**Anlage 1: Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

| Kennwert                            | Wert   |
|-------------------------------------|--|
| Art der Kühlung:                    | wassergekühlt                                |
| Art der Teillastregelung:           | Zweipunktregelung für Einzonensystem taktend |
| Art Raumklimagerät:                 | -  |
| Kaltwasseraustrittstemperatur[°C]:  | 6,0  |
| Verdampfungstemperatur[°C]:         | 0,0  |
| Heizmedieneintrittstemperatur [°C]: | 130,0  |
| Dampferzeugung:                     | -  |
| Art Verdichter:                     | Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW   |
| Art Kältemittel:                    | R134a  |
| Art Kaltwassereintritt:             | konstant                                     |




Anlage 2: Züblinhaus – Energieausweis nach EnEV 2007  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**ENERGIEAUSWEIS** für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: 14.05.2019

1

**Gebäude**

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Hauptnutzung/<br>Gebäudekategorie              | Bürogebäude   |   |                             |
| Adresse  | Albstadtweg 1-5, 70567 Stuttgart  |   |   |
| Gebäudeteil                                    |   |   |   |
| Baujahr Gebäude                                | 1984  |   |   |
| Baujahr Wärmeerzeuger                          | 1984  |   |   |
| Baujahr Klimaanlage                            | 2008  |   |   |
| Nettogrundfläche                               | 17.378 m <sup>2</sup>   |   |   |
| Anlass der Ausstellung<br>des Energieausweises | <input checked="" type="checkbox"/> Neubau<br><input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf | <input type="checkbox"/> Modernisierung<br>(Änderung/Erweiterung) | <input type="checkbox"/> Aushang bei öffentlichen Gebäuden<br><input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) |

**Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes**

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.**

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen – siehe Seite 4**).

Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.

Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch:  Eigentümer  Aussteller

Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

**Hinweise zur Verwendung des Energieausweises**

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Dipl.Ing.(FH) Lothar Bahmann  
Ed. Züblin AG  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

14.05.2009

Datum

Unterschrift des Ausstellers



## Anlage 2: Züblinhaus – Energieausweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

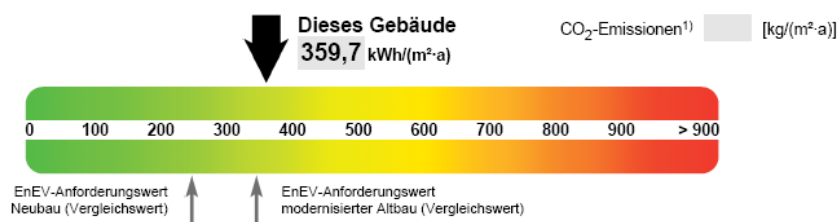
# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

### Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“



### Nachweis der Einhaltung des § 4 oder § 9 Abs. 1 EnEV<sup>2)</sup>

| Primärenergiebedarf   |                  | Energetische Qualität der Gebäudehülle              |               |
|-----------------------|------------------|---|---------------|
| Gebäude Ist-Wert      | 359,7 kWh/(m²·a) | Gebäude Ist-Wert H <sub>f</sub> <sup>2)</sup>       | 1,10 W/(m²·K) |
| EnEV-Anforderungswert | 247,3 kWh/(m²·a) | EnEV-Anforderungs-Wert H <sub>f</sub> <sup>2)</sup> | 1,24 W/(m²·K) |

### Energiebedarf

| Energieträger | Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für |            |                        |         |                              | Gebäude insgesamt |
|---------------|---|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
|               | Heizung                                       | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung |                   |
| Strom-Mix     | 0,2   | 0,0        | 13,9                   | 12,7    | 4,6                          | 31,4              |
| Erdgas H      | 267,2   | 10,1       | 0,0                    | 0,0     | 0,0                          | 277,3             |

### Aufteilung Energiebedarf

| [kWh/(m²·a)]         | Heizung | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung | Gebäude insgesamt |
|----------------------|---------|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
| <b>Nutzenergie</b>   | 163,4   | 7,3        | 13,9                   | 0,0     | 15,7                         | <b>200,3</b>      |
| <b>Endenergie</b>    | 267,5   | 10,1       | 13,9                   | 12,7    | 4,6                          | <b>308,7</b>      |
| <b>Primärenergie</b> | 265,5   | 10,1       | 37,6                   | 34,2    | 12,3                         | <b>359,7</b>      |

### Sonstige Angaben

#### Einsetzbarkeit alternativer Energieversorgungssysteme:

nach § 5 EnEV vor Baubeginn geprüft

#### Alternative Energieversorgungssysteme werden genutzt für:

Heizung  Warmwasser  Eingebaute Beleuchtung  
 Lüftung  Kühlung

#### Lüftungskonzept

Die Lüftung erfolgt durch:

Fensterlüftung  Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung  
 Schachtlüftung  Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### Gebäudezonen

| Nr.   | Zone                       | Fläche [m²] | Anteil [%] |
|---|----------------------------|-------------|------------|
| 1   | Zone1 Büro/Arbeitsplatz    | 9.165       | 53         |
| 2   | Zone2 Büro RLT             | 713         | 4          |
| 3   | Zone4 Besprechung RLT      | 339         | 2          |
| 4   | Zone5 Kopierer/Server      | 336         | 2          |
| 5   | Zone6 Technik/Lager/Archiv | 1.840       | 11         |
| 6   | Zone7 Kantine              | 394         | 2          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Zonen in Anlage |                            |             |            |

### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfswerte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Die oben als EnEV-Anforderungswert bezeichneten Anforderungen der EnEV sind nur im Falle des Neubaus und der Modernisierung nach § 9 Abs. 1 EnEV bindend.

1) Freiwillige Angabe. 2) Nur in Fällen des Neubaus und der Modernisierung auszufüllen.

**Anlage 2: Züblinhaus – Energieausweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**ENERGIEAUSWEIS** für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

3

Heizenergieverbrauchskennwert



Warmwasser enthalten

Stromverbrauchskennwert



Der Wert enthält den Stromverbrauch für:

Heizung  Warmwasser  Lüftung  eingebaute Beleuchtung  Kühlung  Sonstiges: \_\_\_\_\_

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

| Energieträger | Zeitraum |     | Energieverbrauch [kWh] | Anteil Warmwasser [kWh] | Klimafaktor | Energieverbrauchskennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]<br>(zeitlich bereinigt, klimabereinigt) |            |          |
|---------------|----------|-----|------------------------|-------------------------|-------------|---|------------|----------|
|               | von      | bis |                        |                         |             | Heizung   | Warmwasser | Kennwert |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
| Durchschnitt  |          |     |                        |                         |             |   |            |          |

Verbrauchserfassung – Strom

| Zeitraum |     | Ablesewert [kWh] | Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] |
|----------|-----|------------------|------------------------------------|
| von      | bis |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |

Gebäudekategorie

Gebäudekategorie \_\_\_\_\_

Sonderzonen \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Der tatsächliche Verbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

1) Veröffentlicht im Bundesanzeiger/Internet durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

## Anlage 2: Züblinhaus – Energieausweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung. Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach § 9 Abs. 1 EnEV einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmetransferkoeffizient (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T$ ). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.

### Heizenergie- und Stromverbrauchskennwert (Energieverbrauchskennwerte) – Seite 3

Der Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser) wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs ermittelt. Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach Energieeinsparverordnung. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch hinsichtlich der örtlichen Wetterdaten auf ein standardisiertes Klima für Deutschland umgerechnet. Der ausgewiesene Stromverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs oder der entsprechenden Abrechnung ermittelt. Die Energieverbrauchskennwerte geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab. Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Dazu wurden die Daten von einer großen Anzahl Gebäude untersucht und bewertet. Der Vergleichswert ist dabei der flächengewichtete Mittelwert aus der statistischen Verteilung. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Vergleichswerte werden durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bekannt gegeben.



### Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599 zu Bericht: Kapitel 3.5

#### DIN V 18599: Legende - Farbkarte Zonierung

| Farbe   | Name           | Nummer | Zone                                   | Zuordnung<br>Standard-<br>Nutzungsprofil |
|---|----------------|--------|--|--|
|    | gelb           | 1      | Büro (keine Lufttechnik EG-05.OG)      | 01                                       |
|    | dunkelgelb     | 2      | Büro RLT/Kälte 06. OG                  | 01                                       |
|    | hellorange     | 3      | Besprechung (keine Lufttech. EG-05.OG) | 04                                       |
|    | rot            | 4      | Besprechung RLT/Kälte 06. OG           | 04                                       |
|    | violett        | 5      | Server/ Kopierer                       | 21                                       |
|  | lavendel       | 6      | Technikräume / Lager / Archiv          | 20                                       |
|  | (hell)rosa     | 7      | Kantine                                | 12                                       |
|  | blau           | 8      | Sanitär/ WC/ Putzräume/Teeküche        | 16                                       |
|  | himmelblau     | 9      | Küche / Küche-Lager und Vorbereitung   | 14                                       |
|  | grün           | 10     | Verkehrswege                           | 19                                       |
|  | grün gestreift | 11     | Verkehrswege unbeheizt                 | 19                                       |

**Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599**  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

**GRUNDRISSE**

- 02. UNTERGESCHOSS
- 01. UNTERGESCHOSS
- ERDGESCHOSS
- 01. OBERGESCHOSS
- 02. OBERGESCHOSS
- 03. OBERGESCHOSS
- 04. OBERGESCHOSS
- 05. OBERGESCHOSS
- 06. OBERGESCHOSS

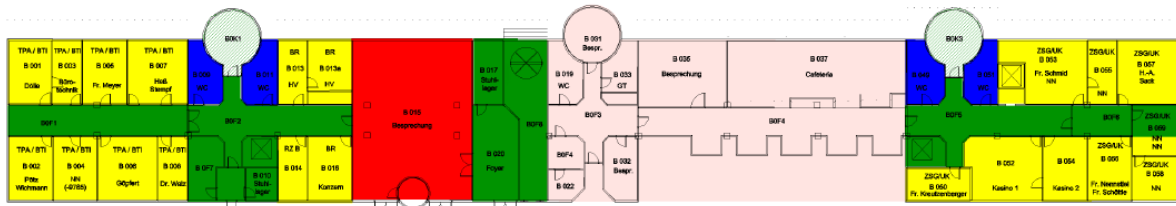




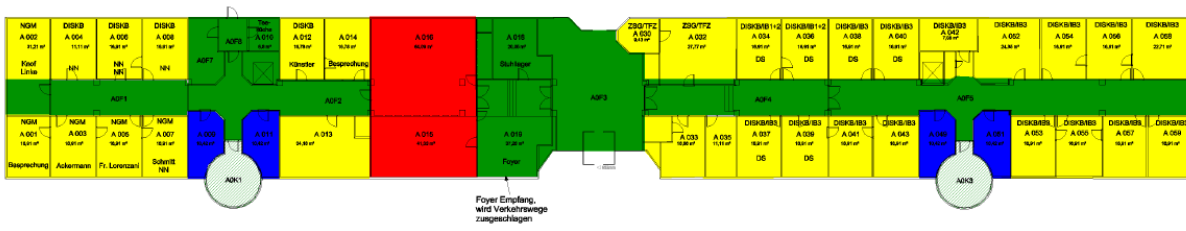
**Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**Erdgeschoss**

**B-Block**



**A-Block**

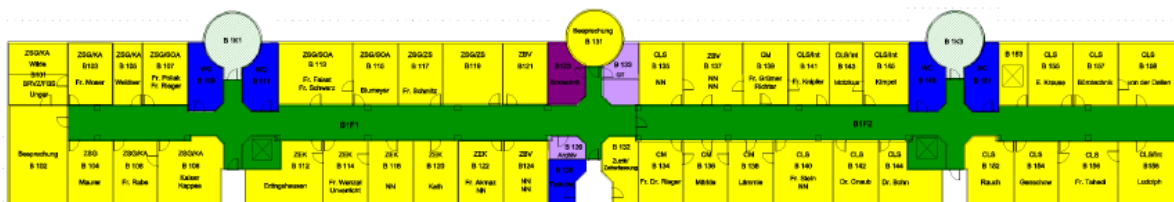




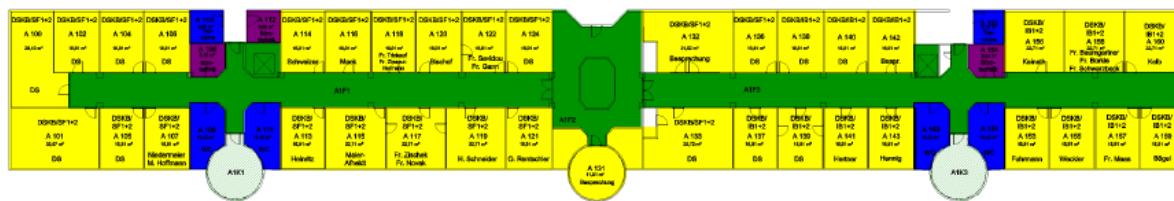
**Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**01. Obergeschoss**

**B-Block**



**A-Block**



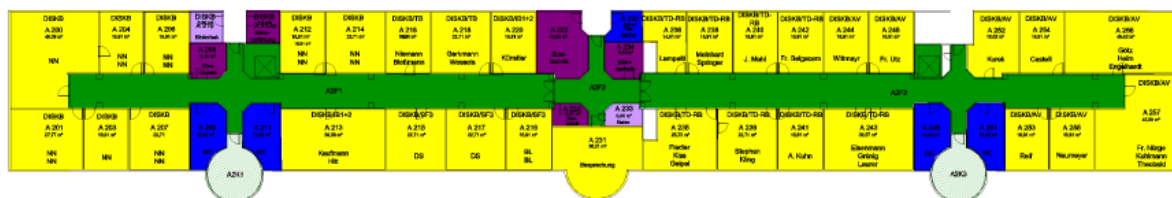
Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

02. Obergeschoss

B-Block



A-Block



Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599  
zu Bericht: Kapitel 3.5

03. Obergeschoss

B-Block



A-Block



Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

04. Obergeschoss

B-Block



A-Block



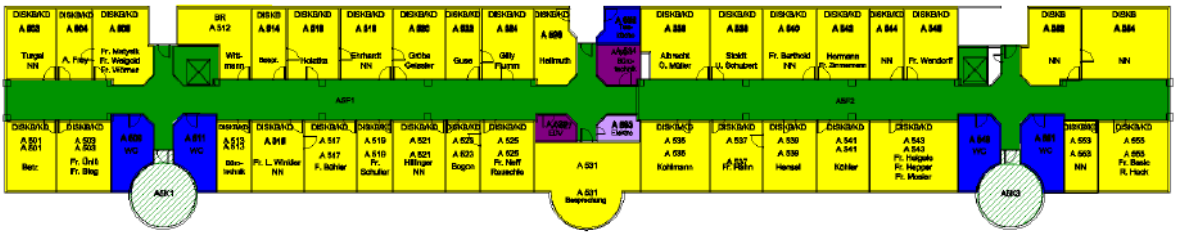
Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599  
zu Bericht: Kapitel 3.5

05. Obergeschoss

B-Block



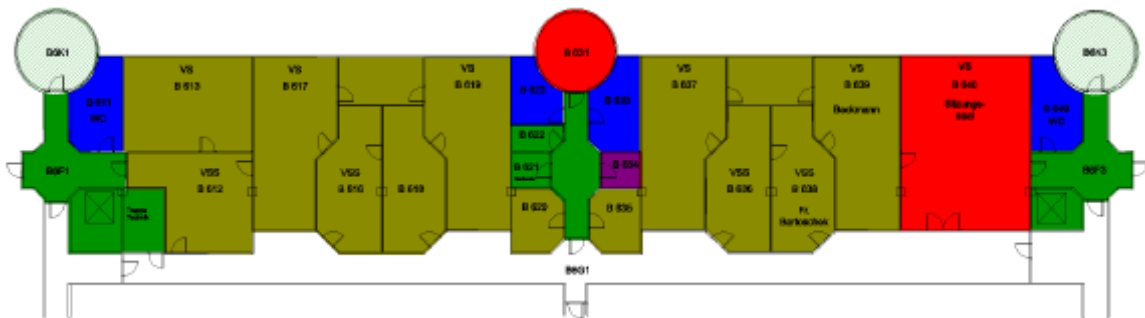
A-Block



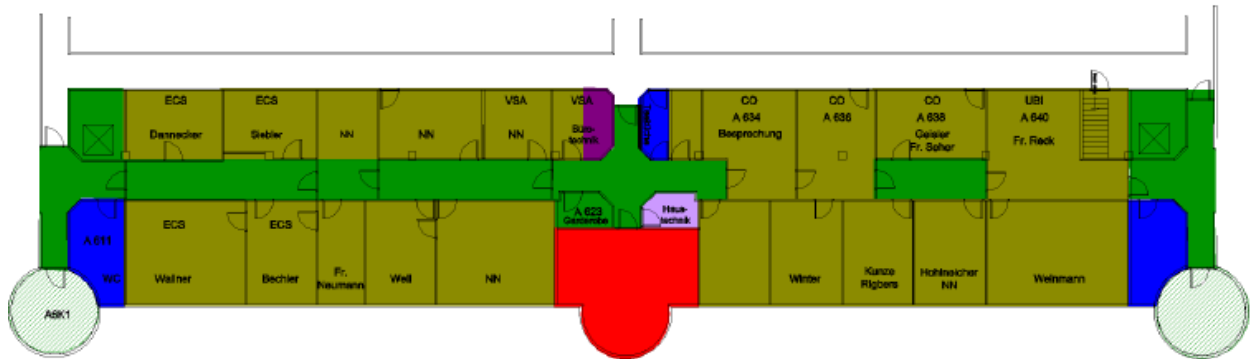
Anlage 3: Züblinhaus– Zonierung nach DIN V 18599  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

06. Obergeschoss

B-Block



A-Block



**Anlage 4:** *Züblinhaus – Rechnerischer Nachweis nach 1.-3.WSchVo*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

Anlage enthält **3** Seiten



| Nachweis nach 1. WSchVo   |  |                        |               |   |                       |                |
|---|--|------------------------|---------------|---|-----------------------|----------------|
| 1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient $k_{m,max}$ |  |                        |               | bezieht sich auf 1 Spange<br>Reduktionfaktor 0,5 nur Halle nur opake Bauteile |                       |                |
| Umfassungsfläche $F^1$  |  |                        |               | Red. faktor   | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X F |
| Bauteile  | nähere Spezifizierung  | in m <sup>2</sup>      | -             | W/(m <sup>2</sup> K)  | W/K                   |                |
| F <sub>w</sub>  | 1 Außenwand  | AW1 West               | 716,9         | 1   | 0,513                 | 368            |
|   | 2 Außenwand  | AW2 Nord/Süd           | 194,0         | 1   | 0,442                 | 86             |
|   | 3 Außenwand  | AW3 Pfeiler            | 220,7         | 1   | 0,555                 | 122            |
|   | 4 Außenwand  | AW4 Bespr.türme        | 48,0          | 1   | 0,356                 | 17             |
|   |  | AW5 Paneel             | 109,9         | 0,5   | 0,692                 | 38             |
|   |  | AW6 Halle              | 471,6         | 0,5   | 0,49                  | 116            |
|   | 4 Außenwand  | AW7 Pfeiler Halle      | 75,7          | 0,5   | 0,529                 | 20             |
| Türen   |  |                        | 6,0           | 1   | 3                     | 18             |
|   |  | Hauseingang            | 58,7          | 1   | 3                     | 176            |
| F <sub>F</sub>  | 1 Fensterflächen Nord/West                                     |                        | 1181,9        | 1   | 2,6                   | 3073           |
|   | 2 Fensterflächen Süd/Ost                                       |                        | 1412,2        | 1   | 2,6                   | 3672           |
|   | 3  |                        |               | 1   |                       | 0              |
|   | 4  |                        |               | 1   |                       | 0              |
| F <sub>D</sub>  | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | Flachdach Terrasse     | 438,0         | 0,8   | 0,448                 | 157            |
|   | 2  | Flachdach 5.OG Galerie | 132,1         | 0,8   | 0,571                 | 60             |
|   | 3  |                        |               |   |                       | 0              |
| F <sub>G</sub>  | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Decke EG/TG            | 93,8          | 0,5   | 0,335                 | 16             |
|   | 2  | Decke gegen Keller     | 119,9         | 0,5   | 0,592                 | 35             |
|   |  | Decke 1.UG/2.UG        | 144,1         | 0,5   | 0,394                 | 28             |
|   |  | Wand UG/unbehil        | 190,0         | 0,5   | 0,744                 | 71             |
|   |  | Wand/TG                | 463,8         | 0,5   | 0,744                 | 173            |
|   |  | Wand gegen Erdreich    | 550,3         | 0,5   | 0,811                 | 223            |
|   |  | Bodenplatte            | 952,3         | 0,5   | 0,786                 | 374            |
|   | 3  | Innenwand TH           | 331,4         | 0,5   | 0,543                 | 90             |
| F <sub>DL</sub>   | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    |                        |               |   |                       | 0              |
|   | 2  |                        |               |   |                       | 0              |
| F <sub>AB</sub>   | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          |                        |               | 0,5   |                       | 0              |
|   | 2  |                        |               | 0,5   |                       | 0,0000         |
|   | 3  |                        |               | 0,5   |                       | 0              |
| Summe Umfassungsfläche F  |  |                        | <b>7911,3</b> | m <sup>2</sup>  |                       | <b>8933</b>    |

|                         |       |                      |
|-------------------------|-------|----------------------|
| beheiztes Raumvolumen V | 30502 | m <sup>3</sup>       |
| F/V - Verhältnis        | 0,259 | 1/m                  |
| $k_{m, ist}$            | 1,129 | W/(m <sup>2</sup> K) |
| $k_{m, soll}$           | 1,343 | W/(m <sup>2</sup> K) |
| Unter-/Überschreitung   |       |                      |
| <b>-15,9%</b>           |       |                      |

|  |          |
|--|----------|
| 2. ANFORDERUNG: $k_{m,w,F} < 1,85 W/m^2$                     |          |
| Teilsommen Faktor x $k_w$ X $F_w$ und Faktor x $k_F$ x $F_F$ |          |
| Außenwand  | 961 W/K  |
| Fenster  | 6745 W/K |
| Gesamt   | 7705 W/K |

|                                  |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Teilsommen der Umfassungsflächen |                       |
| Außenwand                        | 1902 m <sup>2</sup>   |
| Fenster                          | 2594 m <sup>2</sup>   |
| Gesamt                           | 4495,6 m <sup>2</sup> |

|                   |     |                      |
|-------------------|-----|----------------------|
| $k_{m, w,F, ist}$ | 1,7 | W/(m <sup>2</sup> K) |
|                   |     | W/(m <sup>2</sup> K) |

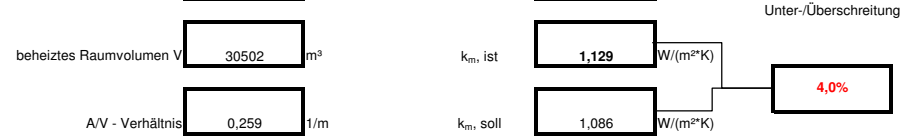




**Nachweis nach 2. WSchVo**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Umfassungsfläche A       |  |                        | Red.faktor     | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X A |             |
|--------------------------|--|------------------------|----------------|-----------------------|----------------|-------------|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m <sup>2</sup>      | -              | W/(m <sup>2</sup> K)  | W/K            |             |
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | AW1 West               | 716,9          | 1                     | 0,513          | 368         |
|                          | 2  | AW2 Nord/Süd           | 194,0          | 1                     | 0,442          | 86          |
|                          | 3  | AW3 Pfeiler            | 220,7          | 1                     | 0,555          | 122         |
|                          |  | AW4 Bespr.türme        | 48,0           | 1                     | 0,356          | 17          |
|                          |  | AW5 Paneel             | 109,9          | 0,5                   | 0,692          | 38          |
|                          |  | AW6 Halle              | 471,6          | 0,5                   | 0,49           | 116         |
|                          |  | AW7 Pfeiler Halle      | 75,7           | 0,5                   | 0,529          | 20          |
| 4                        | Türen  | 6,0                    | 1              | 3                     | 18             |             |
| 5                        | Türen  | Hauseingang            | 58,7           | 1                     | 3              | 176         |
| A <sub>f</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  |                        | 1181,9         | 1                     | 2,6            | 3073        |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   |                        | 1412,2         | 1                     | 2,6            | 3672        |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   |                        |                | 1                     |                | 0           |
|                          | 4 Fensterflächen West  |                        |                | 1                     |                | 0           |
| A <sub>0</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | Flachdach Terrasse     | 438,0          | 0,8                   | 0,448          | 157         |
|                          |  | Flachdach 5.OG Galerie | 132,1          | 0,8                   | 0,571          | 60          |
| 2                        |  |                        |                |                       | 0              |             |
| A <sub>0</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Decke EG/TG            | 93,8           | 0,5                   | 0,335          | 16          |
|                          | 2  | Decke gegen Keller     | 119,9          | 0,5                   | 0,592          | 35          |
|                          |  | Decke 1.UG/2.UG        | 144,1          | 0,5                   | 0,394          | 28          |
|                          |  | Wand UG/unbehi         | 190,0          | 0,5                   | 0,744          | 71          |
|                          |  | Wand/TG                | 463,8          | 0,5                   | 0,744          | 173         |
|                          |  | Wand gegen Erdreich    | 550,3          | 0,5                   | 0,811          | 223         |
|                          |  | Bodenplatte            | 952,3          | 0,5                   | 0,786          | 374         |
| 3                        |  | Innenwand TH           | 331,4          | 0,5                   | 0,543          | 90          |
| A <sub>0L</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    |                        |                |                       |                | 0           |
|                          | 2  |                        |                |                       |                | 0           |
| A <sub>0B</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          |                        |                | 0,5                   |                | 0           |
|                          | 2  |                        |                | 0,5                   |                | 0,0000      |
|                          | 3  |                        |                | 0,5                   |                | 0           |
| Summe Umfassungsfläche F |  | <b>7911,3</b>          | m <sup>2</sup> |                       |                | <b>8933</b> |



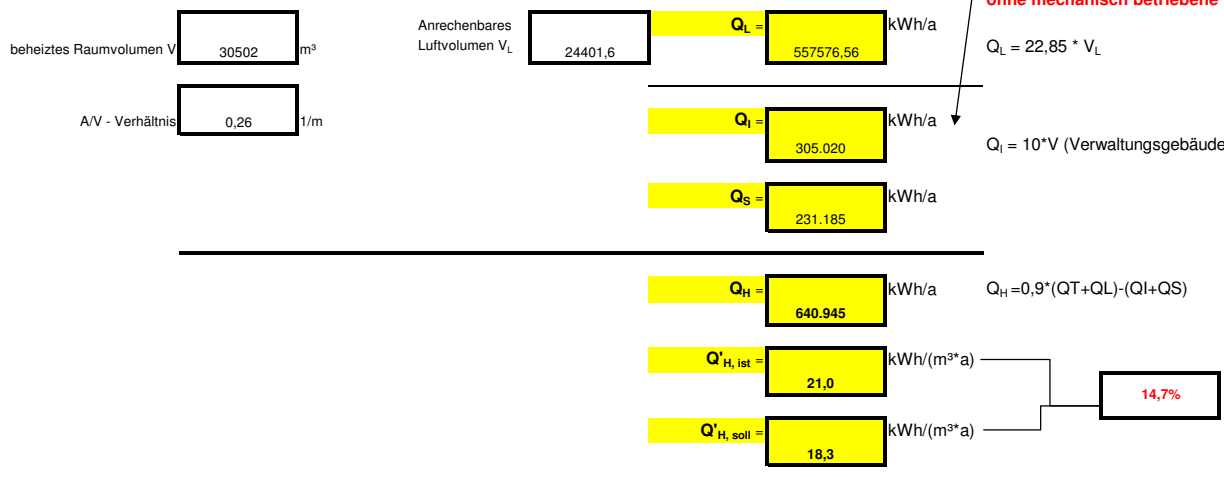


Nachweis nach 3. WSchVo

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Umfassungsfläche A       |  |                       | Red.faktor | k-Werte <sup>21</sup> | Faktor x k X A    |      |     |
|--------------------------|--|-----------------------|------------|-----------------------|-------------------|------|-----|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m <sup>2</sup>     | -          | W/(m <sup>2</sup> K)  | W/K               |      |     |
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | AW1 West              | 716,9      | 1                     | 0,513             | 368  |     |
|                          | 2  | AW2 Nord/Süd          | 194,0      | 1                     | 0,442             | 86   |     |
|                          |  | AW3 Pfeiler           | 220,7      | 1                     | 0,555             | 122  |     |
|                          |  | AW4 Bespr.türme       | 48,0       | 1                     | 0,356             | 17   |     |
|                          |  | AW5 Paneel            | 109,9      | 0,5                   | 0,692             | 38   |     |
|                          |  | AW6 Halle             | 471,6      | 0,5                   | 0,49              | 116  |     |
|                          |  | AW7 Pfeiler Halle     | 75,7       | 0,5                   | 0,529             | 20   |     |
|                          |  | Türen                 | 6,0        | 1                     | 3                 | 18   |     |
|                          | 3  | Türen                 | Haustüren  | 58,7                  | 1                 | 3    | 176 |
|                          | A <sub>f</sub>   | 1 Fensterflächen Nord | 0          | 148,8                 | 1                 | 2,6  | 387 |
| 2 Fensterflächen Ost     |  | 0                     | 1238,6     | 1                     | 2,6               | 3220 |     |
| 3 Fensterflächen Süd     |  | 0                     | 173,6      | 1                     | 2,6               | 451  |     |
| 4 Fensterflächen West    |  | 0                     | 1033,1     | 1                     | 2,6               | 2686 |     |
| A <sub>d</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | Flachdach Terrasse    | 438,0      | 0,8                   | 0,448             | 157  |     |
|                          | 2  | #BEZUG!               | 132,1      | 0,8                   | 0,571             | 60   |     |
|                          | 3  |                       | 0,0        |                       |                   | 0    |     |
| A <sub>g</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Decke EG/TG           | 93,8       | 0,5                   | 0,335             | 16   |     |
|                          | 2  | Decke gegen Keller    | 119,9      | 0,5                   | 0,592             | 35   |     |
|                          |  | Decke 1.UG/2.UG       | 144,1      | 0,5                   | 0,394             | 28   |     |
|                          |  | Wand UG/unbehi        | 190,0      | 0,5                   | 0,744             | 71   |     |
|                          |  | Wand/TG               | 463,8      | 0,5                   | 0,744             | 173  |     |
|                          |  | Wand gegen Erdreich   | 550,3      | 0,5                   | 0,811             | 223  |     |
|                          |  | Bodenplatte           | 952,3      | 0,5                   | 0,786             | 374  |     |
| A <sub>di</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                     | 0,0        |                       | 0                 |      |     |
|                          | 2  |                       | 0,0        |                       | 0                 |      |     |
| A <sub>ab</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 0                     | 0,0        | 0,5                   | 0                 |      |     |
|                          | 2  |                       | 0,0        | 0,5                   | 0                 |      |     |
|                          | 3  |                       | 0,0        | 0,5                   | 0                 |      |     |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                       | 7911,3     | m <sup>2</sup>        | $Q_T = 84 \times$ | 8933 |     |

| g-Wert | Strahlungsangebot I | Q <sub>S,i</sub><br>= 0,46 * I <sub>i</sub> * g <sub>i</sub> * AF <sub>i,j</sub> |
|--------|---------------------|--|
| 0,7    | 160                 | 7.666  |
| 0,7    | 275                 | 109.678  |
| 0,7    | 400                 | 22.360   |
| 0,7    | 275                 | 91.481   |
| Summe  |                     | 231.185  |



## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2007

DIN V 18599, Teile 1 bis 10, energetische Bewertung von Gebäuden

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:2003, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Züblinhaus

Nachweisverfahren **MB-V** für den öffentlich-rechtlichen Nachweis nach EnEV 2007 §3, Monatsbilanzverfahren für Wohngebäude

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°,00' nördl. Breite, Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9^\circ\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + \text{Zuschlag})$

Zuschlag = 0,15 W/m<sup>2</sup>K (manuell)

#### Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

| Hüllfläche                 | A<br>[m <sup>2</sup> ] | U<br>[W/m <sup>2</sup> K] | F <sub>x</sub><br>[-] | Anmerkung | L <sub>D</sub><br>[W/K] |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| Dachflächen                |                        |                           |                       |           |                         |
| 1FD Flachdach Terrasse     | 438,0                  | 0,448                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 56        | 261,9                   |
| 2FD Flachdach 5.OG Galerie | 132,1                  | 0,571                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 56        | 95,2                    |
| trennende Bauteile         |                        |                           |                       |           |                         |
| Fensterflächen             |                        |                           |                       |           |                         |
| 3FF West                   | 923,6                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 2539,9                  |
| 4FF West Besprechungstürme | 61,6                   | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 169,4                   |
| 5FF Ost 6.OG               | 128,6                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 353,7                   |
| 6FF Ost Halle              | 522,5                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 1436,9                  |
| 7FF Nord                   | 148,8                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 409,2                   |
| 8FF Süd                    | 173,6                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 477,4                   |
| 9FF Ost Halle EG           | 233,0                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 640,8                   |
| 10FF Ost Halle             | 354,5                  | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 974,9                   |
| 11FF West 1. OG            | 47,9                   | 2,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 131,7                   |
| 12FF Ost Halle Türe        | 23,1                   | 3,000                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 72,8                    |
| 13FF Tore EG               | 41,6                   | 3,000                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 56 02     | 131,0                   |
| opake Bauteile             |                        |                           |                       |           |                         |
| 14AW1 West                 | 716,9                  | 0,513                     | 1,00 F <sub>AW</sub>  | 56        | 475,3                   |

## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

### zu Bericht: Kapitel 3.5

|                             |       |   |                      |          |       |
|-----------------------------|-------|---|----------------------|----------|-------|
| 15AW2 Nord/Süd              | 194,0 | 0,442                                     | 1,00 F <sub>AW</sub> | 56       | 114,8 |
| 16AW3 Pfeiler               | 142,7 | 0,555                                     | 1,00 F <sub>AW</sub> | 56       | 100,6 |
| 17AW3 Pfeiler               | 78,0  | 0,555                                     | 1,00 F <sub>AW</sub> | 56       | 55,0  |
| 18AW4 Bespr-türme           | 48,0  | 0,356                                     | 1,00 F <sub>AW</sub> | 56       | 24,3  |
| 19AW5 Paneel 6.OG Halle     | 64,3  | 0,692                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 31,9  |
| 20AW5 EG/1.OG Halle         | 45,6  | 0,692                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 22,6  |
| 21AW6 Halle                 | 471,6 | 0,490                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 186,3 |
| 22AW7 Halle                 | 75,7  | 0,529                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 31,4  |
| trennende Bauteile          |       |   |                      |          |       |
| 23FABL1 Decke EG/TG         | 93,8  | 0,335                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 29,8  |
| 24FuD2 Decke EG/Keller      | 119,9 | 0,592                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 53,5  |
| 25FuD2 Decke 1.UG/2.UG (TG) | 144,1 | 0,394                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 50,0  |
| 26FuW1 Innenwand/TH         | 331,4 | 0,543                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 139,7 |
| 27FTu2 Wand UG/unbeheizt    | 190,0 | 0,744                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 99,2  |
| 28FTu Wand/TG               | 463,8 | 0,744                                     | 0,50 F <sub>u</sub>  | 56 08    | 242,1 |
| Bauteile gegen Erdreich     |       |   |                      |          |       |
| 29FAWE Wand TH              | 550,3 | 0,811                                     | 0,60 F <sub>bw</sub> | 56 25 13 | 350,3 |
| 30FG Bodenplatte TH         | 952,3 | 0,786                                     | 0,35 F <sub>bf</sub> | 56 25 12 | 404,8 |
| <hr/>                       |       |   |                      |          |       |
| $\Sigma A [m^2] = 7.911,3$  |       | $\Sigma L_D + H_u + L_s [W/K] = 10.106,3$ |                      |          |       |

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 952 / 46 = 20,70 \text{ m}$  (DIN V 4108-6, E.3)

#### Anmerkungen

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 12 Bodenplatte des beheizten Kellers.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 952,0 / 46,0 = 20,70$ .
- 56 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem pauschalen U-Wert-Zuschlag berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \Sigma U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = \mathbf{10106,3 \text{ W/K}} \quad (1,28 \text{ W/m}^2\text{K})$$

#### Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

| Bezeichnung     | Volumenermittlung | V [m <sup>3</sup> ] |
|-----------------|-------------------|---------------------|
| 1 umbauter Raum | 30502,4           | 30502,4             |
| 2               |                   |                     |

|                          |                          |                       |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Beheiztes Gebäudevolumen | $V_e =$                  | 30.502 m <sup>3</sup> |
| Gebäudenutzfläche        | $A_N = 0,32 \cdot V_e =$ | 9.761 m <sup>2</sup>  |
| beheiztes Luftvolumen    | $V_L = 0,80 \cdot V_e =$ | 24.402 m <sup>3</sup> |

## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Lüftungswärmeverluste

Luftvolumen Netto-Luftvolumen  $V_N = V_L = 24402 \text{ m}^3$   
Lüftung freie Lüftung,  $n = 0,70 \text{ h}^{-1}$

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0.34 * n * V_N = 5807,7 \text{ W/K}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

### Interne Wärmegewinne

Nutzfläche  $A_N = 0,32 * V = 9.761 \text{ m}^2$   
Wärmeleistung Wohngebäude (Anhang D.3),  $q_{i,M} = 5,0 \text{ W/m}^2$

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} * A_N = 48.804 \text{ W}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite  $50^\circ,00'$

| Kollektorfläche  | A [m <sup>2</sup> ] |      | g <sub>⊥</sub> | F <sub>F</sub> | F <sub>C</sub> | F <sub>h</sub> | F <sub>O</sub> | F <sub>f</sub> | A <sub>s</sub> |
|------------------|---------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fenster          |                     |      |                |                |                |                |                |                |                |
| 3FF West         | 923,6               | West | 90°            | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 366,6          |
| 4FF West Besprec | 61,6                | West | 90°            | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 24,4           |
| 5FF Ost 6.OG     | 128,6               | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                |                |                | 48,6           |
| 6FF Ost Halle    | 522,5               | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                |                |                | 197,5          |
| 7FF Nord         | 148,8               | Nord | 90°            | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 59,1           |
| 8FF Süd          | 173,6               | Süd  | 90°            | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 68,9           |
| 9FF Ost Halle EG | 233,0               | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                |                |                | 88,1           |
| 10FF Ost Halle   | 354,5               | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                |                |                | 134,0          |
| 11FF West 1. OG  | 47,9                | West | 90°            | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 19,0           |
| 12FF Ost Halle T | 23,1                | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                |                |                | 8,7            |
| 13FF Tore EG     | 41,6                | -    | 0°             | 0,70           | 0,70           |                | 0,90           |                | 16,5           |

$A_s [\text{m}^2] = A * 0,90 * g_{\perp} * F_F * F_C * F_s$  mit  $F_s = F_h * F_o * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)

$F_f$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_h$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_o$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,70: g<sub>⊥</sub> der Wärmeschutzverglasung

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_s$  wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

**Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

Strahlungsintensitäten  $I_s$  für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ]                   | Aug | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
|---------------------------------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| – 0°                                  | 179 | 135 | 75    | 39    | 22    | 33    | 52    | 82    | 190    |
| Süd 90°                               | 112 | 115 | 81    | 54    | 33    | 56    | 61    | 80    | 137    |
| West 90°                              | 115 | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Nord 90°                              | 70  | 48  | 33    | 18    | 10    | 14    | 23    | 34    | 64     |
| Ost 90°                               | 115 | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Kollektorfläche                       |     |     | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
| Fenster                               |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| 3FF West                              |     |     | 18695 | 10264 | 5499  | 9164  | 13563 | 19429 | 45822  |
| 4FF West Besprechungstürme            |     |     | 1247  | 685   | 367   | 611   | 905   | 1296  | 3056   |
| 5FF Ost 6.OG                          |     |     | 2479  | 1361  | 729   | 1215  | 1799  | 2576  | 6076   |
| 6FF Ost Halle                         |     |     | 10073 | 5530  | 2963  | 4938  | 7308  | 10468 | 24688  |
| 7FF Nord                              |     |     | 1949  | 1063  | 591   | 827   | 1358  | 2008  | 3780   |
| 8FF Süd                               |     |     | 5581  | 3721  | 2274  | 3859  | 4203  | 5512  | 9440   |
| 9FF Ost Halle EG                      |     |     | 4492  | 2466  | 1321  | 2202  | 3259  | 4668  | 11009  |
| 10FF Ost Halle                        |     |     | 6834  | 3752  | 2010  | 3350  | 4958  | 7102  | 16750  |
| 11FF West 1. OG                       |     |     | 970   | 532   | 285   | 475   | 703   | 1008  | 2376   |
| 12FF Ost Halle Türe                   |     |     | 445   | 244   | 131   | 218   | 323   | 463   | 1091   |
| 13FF Tore EG                          |     |     | 1238  | 644   | 363   | 545   | 859   | 1354  | 3137   |
| solare Wärmeströme $\Sigma\Phi_S$ [W] |     |     | 54003 | 30263 | 16532 | 27404 | 39237 | 55883 | 127226 |
| $\Sigma\Phi_S$ * t [kWh]              |     |     | 40178 | 21789 | 12300 | 20389 | 26368 | 41577 | 91603  |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

**Wirksame Wärmespeicherfähigkeit**

Vereinfachter Ansatz für schwere Gebäude mit massiven Innen- und Außenbauteilen ohne untergehängte Decken

$$c_{\text{wirk}} = 50,0 \text{ [Wh/m}^3\text{K]}, \quad c_{\text{wirk}} \cdot V_e = 1.525.120 \text{ [Wh/K]}$$

$$\text{Parameter } a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot 16) = 1 + 95320 / H \text{ (Gl.75, monatlich)}$$

## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizunterbrechung

Abgesenkter Heizbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, Anhang C)

Nachtabsenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{isb} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{pp} = 9.982$  W (manuell)

durchschnittliche Heizleistung im Absenkbetrieb  $\Phi_{rp} = 1.996$  W

Interne Gewinne während der Nachtabsenkung  $\Phi_g = 48804$  W, Luftwechselrate  $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 18,0 \cdot V_e = 549.043$  Wh/K

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{inh}$<br>°C | $\theta_{i1}$<br>°C | $t_{nh}$<br>h | $t_{sb}$<br>h | $t_{bh}$<br>h | $\theta_{co}$<br>°C | $\theta_{c1}$<br>°C | $\theta_{c2}$<br>°C | $\theta_{c3}$<br>°C | $\Delta Q_{ij}$<br>kWh | $\Delta Q_{i1}$<br>kWh |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Jan | -1,3             | -1,2                 | 15,0                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 15,7                | 15,7                | 15,7                | 250,6                  | 7767                   |
| Feb | 0,6              | 0,7                  | 15,4                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 16,0                | 16,0                | 16,0                | 226,9                  | 6355                   |
| Mär | 4,1              | 4,2                  | 16,1                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 16,6                | 16,6                | 16,6                | 183,4                  | 5687                   |
| Apr | 9,5              | 9,6                  | 17,1                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 17,5                | 17,5                | 17,5                | 116,3                  | 3490                   |
| Mai | 12,9             | 13,0                 | 17,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,0                | 18,0                | 18,0                | 74,1                   | 2296                   |
| Jun | 15,7             | 15,8                 | 18,4                | 7,0           | 0,0           | 17,3          | 19,0                | 18,5                | 18,5                | 18,9                | 90,5                   | 2716                   |
| Jul | 18,0             | 18,1                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,9                | 18,9                | 18,9                | 10,7                   | 331                    |
| Aug | 18,3             | 18,4                 | 18,9                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,9                | 18,9                | 18,9                | 7,0                    | 216                    |
| Sep | 14,4             | 14,5                 | 18,1                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,3                | 18,3                | 18,3                | 55,4                   | 1663                   |
| Okt | 9,1              | 9,2                  | 17,1                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 17,4                | 17,4                | 17,4                | 121,3                  | 3760                   |
| Nov | 4,7              | 4,8                  | 16,2                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 16,7                | 16,7                | 16,7                | 176,0                  | 5280                   |
| Dez | 1,3              | 1,4                  | 15,5                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 18,9                | 16,1                | 16,1                | 16,1                | 218,2                  | 6766                   |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung, Parameter manuell

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} \cdot [(\theta_{io} - \theta_{inh}) \cdot t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) \cdot t_{sb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) \cdot t_{bh}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{il} = \Delta Q_{ij} \cdot \dots$  Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{il} = 46327,5$  kWh/a

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0,34 \cdot 0,50 \cdot V_L = 4.148$  W/K

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 14.255$  W/K

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 \cdot AN / 0.13 = 300.331$  W/K

$H_w$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m<sup>2</sup>)

$$H_w = 261,9 + 95,2 + 2539,9 + 169,4 + 186,5 + 757,6 + 409,2 + 477,4 + 337,9 + 514,0 + 131,7 + 38,1 + 131,0 + 475,3 + 114,8 + 100,6 + 55,0 + 24,3 + 31,9 + 22,6 + 186,3 + 31,4 + 29,8 + 53,5 + 50,0 + 139,7 + 99,2 + 242,1 + 350,3 + 404,8 = 8.461$$
 W/K

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} \cdot (H_{sb} - H_w - H_v) / (H_{ic} - H_{sb} + H_w + H_v) = 1.654$$
 W/K

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 0,99$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_w + H_v) = 0,99$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{sb}) = 39,91$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta \cdot C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,81$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e \cdot \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \xi \cdot (\theta_{co} - \theta_{cnh}) \cdot \exp(rDiv(-t_{nh} / \tau_p))$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta \cdot (\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizwärmebedarf

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Transmissionsverluste      | $Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d - \Delta Q_{il}$  |
| Transmissionswärmeverluste | $\Sigma L_D = 10106 \text{ W/K}$   |
| Heizunterbrechung          | $\Delta Q_{il}$ monatlich  |
| Lüftungwärmeverluste       | $H_V = 5808 \text{ W/K}$   |
| Interne Gewinne            | $\Phi_{i,M} = 48804 \text{ W}$   |
| Solare Gewinne             | $\Phi_s [\text{W}]$ (monatlich)  |
| Ausnutzungsgrad            | $\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. $c_{\text{wirk}}$ )<br>$\gamma = Q_g / Q_l$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5) |

|     | $t_A$<br>[°C] | $Q_t$<br>[kWh] | $H_V \cdot \Delta T \cdot d$<br>[kWh] | $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\Phi_s \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\eta$ | $Q_h$<br>[kWh] |
|-----|---------------|----------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------|----------------|
| Jan | -1,3          | 144.870        | 87.714                                | 36.309                                   | 20.388                               | 1,00   | 175.888        |
| Feb | 0,6           | 118.608        | 71.811                                | 32.790                                   | 26.362                               | 1,00   | 131.266        |
| Mär | 4,1           | 106.348        | 64.381                                | 36.228                                   | 41.483                               | 1,00   | 93.018         |
| Apr | 9,5           | 65.637         | 39.724                                | 27.455                                   | 71.573                               | 0,78   | 6.333          |
| Mai | 12,9          | 43.570         | 26.357                                | 18.715                                   | 50.871                               | 0,52   | 341            |
| Jun | 15,7          | 21.296         | 13.799                                | 8.526                                    | 26.568                               | 0,24   | 1              |
| Jul | 18,0          | 7.188          | 4.321                                 | 2.719                                    | 8.790                                | 0,07   | 0              |
| Aug | 18,3          | 5.048          | 3.025                                 | 2.379                                    | 5.693                                | 0,07   | 0              |
| Sep | 14,4          | 31.809         | 19.235                                | 17.521                                   | 33.320                               | 0,50   | 203            |
| Okt | 9,1           | 70.679         | 42.777                                | 35.524                                   | 39.309                               | 0,98   | 38.622         |
| Nov | 4,7           | 98.775         | 59.796                                | 35.121                                   | 21.778                               | 1,00   | 101.671        |
| Dez | 1,3           | 126.322        | 76.480                                | 36.309                                   | 12.299                               | 1,00   | 154.194        |
|     | 8,9           | 840.151        | 509.420                               | 289.596                                  | 358.436                              |        | 701.538        |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 701.538 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 71,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Heizzeit vom 18.10. bis 21.4. (185 Tage, Gl.27)  
erforderliche Heizleistung, Richtwert 663 kW

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (10106,3) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 7767,4 = 144870,1 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 5807,7 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 87714,9 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 48803,8 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 36310,0 \text{ kWh}$$

$$\Phi_s \cdot d = 27404,2 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 20388,7 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (36310,1 + 20388,7) / (144870,4 + 87714,2) = 0,24 \quad a = 1 + 1525120 / (10106,3 + 5807,7) / 16 = 6,99$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 1,000 \sim 1,000 \sim 0,998 \sim 0,781 \sim 0,515 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

Ein Wärmebedarf für Warmwasser wird nicht berücksichtigt (Nichtwohngebäude)



## Anlage 5: ZH – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)  
Heizung: BW-Kessel außen ... freie Lüftung - Energieträger: , [Erdgas], Strom

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 1,17$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 737.143 \text{ kWh/a}$  (75,5 kWh/m<sup>2</sup>a)  
Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 3.640 \text{ kWh/a}$  ( 0,4 kWh/m<sup>2</sup>a)

---

### EnEV-Nachweis

vorh.  $Q_p' = 26,9 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  (820.684 kWh/a, siehe Haustechnik)

Anforderungen an Nichtwohngebäude, EnEV '04

| A/V = 0,26                       | zulässig | vorhanden      |
|----------------------------------|----------|----------------|
| 1) $Q_p'$ [kWh/m <sup>3</sup> a] | 16,2     | 26,9 (166,6 %) |
| 2) $H_T'$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 1,28     | 1,28 (100,2 %) |

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_p'$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Nichtwohngebäude, EnEV '04

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_T' = (\Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB}) / \Sigma A = 10.106 / 7.911 = 1,28$   
(DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_T'$  nach EnEV, A1, Tab.1 Fensterflächenanteil > 30%)

Nicht zulässig nach EnEV, Anhang 1.

---

### Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 3838 m<sup>2</sup> Fassadenflächen, davon 1180 m<sup>2</sup> Wandflächen und 2659 m<sup>2</sup> Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **69%**.

Die Sonneneintragskennwerte sind nach DIN 4108-2:2003 zu begrenzen (EnEV 2007)

**Anlage 1:** *Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

# Eingabeprotokoll

**IBP18599 - DIN V 18599**

**Neubau**

**Objekt:** Züblin Z-Zwo  
Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart

**Eigentümer/Auftraggeber**

**Aussteller**

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |
|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : Verwaltungsgebäude</b> |
| Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart                         |

**1. Projektdaten**

**1.1. Objekt**

|                  |                                  |  |                  |  |
|------------------|----------------------------------|--|------------------|--|
| Objektname(1-3): | Züblin Z-Zwo                     |  |                  |  |
| Objektadresse:   | Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart |  |                  |  |
| Objektteil:      | Gemarkung:                       |  | Flurstücknummer: |  |
| Informationen:   |                                  |  |                  |  |

**1.2. Eigentümer**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

**1.3. Architekt**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

**1.4. Bearbeiter**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### 2. Gebäudedaten

#### 2.1. Randbedingungen Gebäude

|                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Gebäudetyp:                       | Neubau                            |
| Klimazone:                        | Referenzklima Deutschland         |
| Primärenergiefaktoren bezogen auf | nur den nicht erneuerbaren Anteil |

#### 2.2. Geometrie Gebäude

|  |           |
|--|-----------|
| Baujahr  | 2008      |
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 7.636,26  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 7.700,31  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 28.796,60 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 23.037,30 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45      |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 8         |
| charakteristische Länge[m]:                    | 92,00     |
| charakteristische Breite[m]:                   | 15,25     |

#### 2.3. Physikalische Randbedingungen für die Berechnung des stationären Leitwerts

Randbedingungen des Gebäudes für die Berechnung der Wärmeübertragung über das Erdreich gemäß DIN EN ISO 13370. Bei der Berechnung ausschließlich mit Temperaturkorrekturfaktoren sind hier keine Angaben notwendig.

|   |                |
|---|----------------|
| Wärmetechnisch Eigenschaften Erdreich                     | Sand oder Kies |
| Wärmeleitfähigkeit Erdreich[W/(m K)]                      | 2,00           |
| volumenbez. Wärmekapazität Erdreich[J/(m <sup>3</sup> K)] | 2.000.000,00   |
| mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe[m/s]            | 4,00           |
| Lage Windabschirmung                                      | mittlere Lage  |
| Windabschirmfaktor[-]                                     | 0,05           |

### 4. Zonendaten

#### 4.1. Zonendaten der Zone Zone1 Treppenhaus

##### Randbedingungen der Zone

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{Wirk}/A_{NGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

##### Geometrie der Zone

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 859,71   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.340,26 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 3.510,70 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.808,60 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 8        |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 19 Verkehrsflächen

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 0       |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 0 0     |

#### Beleuchtung

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0   |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,8 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 859,71                     |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                       |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 3,70         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 471,42      | 133,18     | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 257,80      | 257,80     | 1,60   |
| Einzelfläche: 257,80 Anzahl:1 Gesamtfläche: 257,80  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] : (257,8)  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 46,25       | 46,25      | 1,60   |
| Einzelfläche: 46,25 Anzahl:1 Gesamtfläche: 46,25  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] : (46,25)  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 34,20       | 34,20      | 1,60   |
| Einzelfläche: 34,20 Anzahl:1 Gesamtfläche: 34,20  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Wand gegen Erdreich : AW2 Wand gegen Erdreich</b>                        | 191,15 | 191,15 | 0,35 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,60             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>                                 | 112,46 | 112,46 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Innenwand : ATu Trennwand gegen Lager/TG</b>                             | 255,93 | 255,93 | 0,42 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,55               |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Innenwand : ATu 2 Trennwand gegen Lager/TG</b>                           | 167,63 | 154,69 | 2,88 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,55               |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Tür : AT1 Tür gegen TG</b>   | 12,94  | 12,94  | 2,50 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,55             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Boden gegen Erdreich : FG Bodenplatte</b>                                | 141,67 | 141,67 | 0,44 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,35               |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 61,26                          |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.2. Zonendaten der Zone Zone2 Flur**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{INGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.206,70 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 618,84   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 4.488,10 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 3.590,50 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6        |



## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 1.206,70                   |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                       |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 5,50         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 113,92      | 32,72      | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>  | 57,69       | 57,69      | 1,60   |
| Einzelfläche: 57,69 Anzahl:1 Gesamtfläche: 57,69<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |             |            |        |
| <b>Fenster : FF4 Verglasung</b>  | 19,21       | 19,21      | 1,60   |
| Einzelfläche: 19,21 Anzahl:1 Gesamtfläche: 19,21<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>  | 4,31        | 4,31       | 1,60   |
| Einzelfläche: 4,31 Anzahl:1 Gesamtfläche: 4,31<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>  | 231,78 | 231,78 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>   | 170,35 | 170,35 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : ATu Wand gegen unbeh. TH</b>  | 40,95  | 40,95  | 0,40 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,55<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 24,66  | 1,69   | 0,30 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>  | 22,97  | 22,97  | 1,60 |
| Einzelfläche: 22,97 Anzahl:1 Gesamtfläche: 22,97<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] : (22,97)<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 18,63  | 1,78   | 0,30 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 16,85  | 16,85  | 1,60 |
| Einzelfläche: 16,85 Anzahl:1 Gesamtfläche: 16,85<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] : (16,85)<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager 1. UG</b>  | 18,55 | 18,55 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |       |      |

**4.3. Zonendaten der Zone Zone3 Grossraumbüro**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>WIKK</sub> /A <sub>WIKK</sub> [Wh/m <sup>2</sup> K]:       | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.720,59 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.754,68 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 6.205,90 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 4.964,70 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Perimeter (Umfang) [m]:                                  | 0,00 |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,25 |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 3 Großraumbüro (ab sieben Arbeitsplätze)

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |     | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |     | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |     | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 60  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 6   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 4   | 8   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzenebene [m]                 | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0    |
| Raumindex                                | 2,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 12     | 10     | 8    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|--------|------|
|                           |                                | tief             | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 6                | 7      | 9    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 4                | 10     | 19   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 1.720,59                   |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 2,50                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 2,50                       |
| Präsenzerfassung:                        | Automatisch                |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1               |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung                |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 9,70                       |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 203,77      | 60,67      | 0,30   |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 17,47       | 17,47      | 1,60   |
| Einzelfläche: 17,47 Anzahl:1 Gesamtfläche: 17,47  |             |            |        |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] : (17,47)  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 125,63      | 125,63     | 1,60   |
| Einzelfläche: 125,63 Anzahl:1 Gesamtfläche: 125,63  |             |            |        |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 314,20      | 79,08      | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 54,66  | 54,66  | 1,60 |
| Einzelfläche: 54,66 Anzahl:1 Gesamtfläche: 54,66<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1500$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 28,74  | 28,74  | 1,60 |
| Einzelfläche: 28,74 Anzahl:1 Gesamtfläche: 28,74<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1500$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 151,72 | 151,72 | 1,60 |
| Einzelfläche: 151,72 Anzahl:1 Gesamtfläche: 151,72<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1500$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 307,24 | 79,21  | 0,30 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 151,90 | 151,90 | 1,60 |
| Einzelfläche: 151,90 Anzahl:1 Gesamtfläche: 151,90<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1500$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 76,13  | 76,13  | 1,60 |
| Einzelfläche: 76,13 Anzahl:1 Gesamtfläche: 76,13<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1500$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 117,19 | 27,46  | 0,30 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 37,30  | 37,30  | 1,60 |
| Einzelfläche: 37,30 Anzahl:1 Gesamtfläche: 37,30<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>   | 337,25 | 337,25 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke nach unten</b>   | 1,15   | 1,15   | 0,35 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke nach oben</b>  | 1,15   | 1,15   | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke gegen TG</b>   | 411,39 | 411,39 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Innenwand : ATu Wand gegen unbeh. TH</b>   | 21,74  | 21,74  | 0,40 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Innenwand : ATU Decke gegen Lager 1. UG</b>  | 39,60  | 39,60  | 0,32 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.4. Zonendaten der Zone Zone4 Gruppenbüro**

**Randbedingungen der Zone**

|   |   |
|---|---|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone   |
| $C_{\text{Wirk}}/A_{\text{NGF}}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:           | 50  |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung, RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja  |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung   |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung   |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.537,07 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.365,40 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 5.801,10 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 4.640,90 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6        |



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 2 Gruppenbüro (zwei bis sechs Arbeitsplätze)

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |     | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |     | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |     | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 4   | 8   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 1.537,07                   |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                       |
| Präsenzerfassung:                        | Automatisch                |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 10,60        |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 288,30      | 78,22      | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 158,51      | 158,51     | 1,60   |
| Einzelfläche: 158,51 Anzahl:1 Gesamtfläche: 158,51<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable<br>Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |             |            |        |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 51,57       | 51,57      | 1,60   |
| Einzelfläche: 51,57 Anzahl:1 Gesamtfläche: 51,57<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable<br>Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 629,57      | 187,53     | 0,30   |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 389,40 | 389,40 | 1,60 |
| Einzelfläche: 389,40 Anzahl:1 Gesamtfläche: 389,40<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 17,05  | 17,05  | 1,60 |
| Einzelfläche: 17,05 Anzahl:1 Gesamtfläche: 17,05<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 35,60  | 35,60  | 1,60 |
| Einzelfläche: 35,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 35,60<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 66,01  | 14,37  | 0,30 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 26,32  | 26,32  | 1,60 |
| Einzelfläche: 26,32 Anzahl:1 Gesamtfläche: 26,32<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 25,32  | 25,32  | 1,60 |
| Einzelfläche: 25,32 Anzahl:1 Gesamtfläche: 25,32<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 16,14  | 1,54   | 0,30 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 14,60 | 14,60 | 1,60 |
| Einzelfläche: 14,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 14,60<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>   | 141,92 | 141,92 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>  | 104,90 | 104,90 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke nach unten</b>   | 21,85  | 21,85  | 0,35 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke nach oben</b>  | 4,05   | 4,05   | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen unbeh. TH</b>   | 17,01  | 17,01  | 0,39 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager 1. UG</b>   | 75,65  | 75,65  | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 4 Besprechung, Sitzung, Seminar

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |     | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |     | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |     | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 20  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 15  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 5   | 7   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 10  | 15  |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 4      | 3      | 2    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18                       | 24                 | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                        | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 89,14  | 89,14  | 1,60 |
| Einzelfläche: 89,14 Anzahl:1 Gesamtfläche: 89,14<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 80,22  | 80,22  | 1,60 |
| Einzelfläche: 80,22 Anzahl:1 Gesamtfläche: 80,22<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>   | 61,92  | 61,92  | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : AD Decke nach unten</b>   | 2,75   | 2,75   | 0,35 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>  | 119,89 | 119,89 | 0,33 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.6. Zonendaten der Zone Zone6 Sanitär**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{NGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                          | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Einfaches Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 235,39   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 227,76   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 1.004,10 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 803,30   |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Perimeter (Umfang) [m]:                                  | 0,00 |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,25 |



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 15      |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0       |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 0       |

Beleuchtung

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 200 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8 |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,9 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):  
Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):



## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässe             |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein                                   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00                                   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Reine Abluftanlage                     |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig                            |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | ja                                     |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Keine Wärmerückgewinnung               |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00                                  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | nein                                   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein                                   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00                                  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00                                  |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 235,39                     |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 200,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                       |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 8,60         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 124,05      | 34,29      | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 63,45       | 63,45      | 1,60   |
| Einzelfläche: 63,45 Anzahl:1 Gesamtfläche: 63,45  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>  | 16,82 | 16,82 | 1,60 |
| Einzelfläche: 16,82 Anzahl:1 Gesamtfläche: 16,82<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Fenster : FF4 Verglasung</b>  | 9,50  | 9,50  | 1,60 |
| Einzelfläche: 9,50 Anzahl:1 Gesamtfläche: 9,50<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>  | 45,75 | 45,75 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager</b>  | 57,96 | 57,96 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>S</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**4.7. Zonendaten der Zone Zone7 Lager**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>WIK</sub> /A <sub>INZF</sub> [Wh/m²K]:                     | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 23,07 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 28,36 |
| Bruttovolumen[m³]:                | 96,20 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 77,00 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,45  |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 2     |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 23,07                      |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                       |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 3,40         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 9,32        | 0,90       | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung;Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>  | 8,42        | 8,42       | 1,60   |
| Einzelfläche: 8,42 Anzahl:1 Gesamtfläche: 8,42<br>Ausr.: Ost Neigung;Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |             |            |        |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>   | 12,83       | 12,83      | 0,32   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager 1. UG</b>  | 6,21        | 6,21       | 0,32   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.8. Zonendaten der Zone Zone8 Teeküche**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{INGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |        |
|--|--------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 62,17  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 71,27  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 250,40 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 200,30 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45   |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 3      |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 17 Sonstige Aufenthaltsräume

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| täglich Nutzungszeit [Uhr]                         | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| täglich Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]        | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| täglich Betriebszeit Heizung [Uhr]                 | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0   |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 7   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 0   | 0   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 300  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 4      | 3      | 2    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18                       | 23                 | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                        | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 62,17                      |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 300,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                       |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 2,30         |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 40,23       | 9,48       | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 12,69       | 12,69      | 1,60   |
| Einzelfläche: 12,69 Anzahl:1 Gesamtfläche: 12,69  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1500  |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 8,42        | 8,42       | 1,60   |
| Einzelfläche: 8,42 Anzahl:1 Gesamtfläche: 8,42  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1500  |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF4 Verglasung</b>   | 9,64        | 9,64       | 1,60   |
| Einzelfläche: 9,64 Anzahl:1 Gesamtfläche: 9,64  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1500  |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager 1. UG</b>                             | 31,04 | 31,04 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²]:   |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50               |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**4.9. Zonendaten der Zone Zone9 Einzelbüro**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>Nutz</sub> [Wh/m²K]:                    | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 1.388,64 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 1.568,57 |
| Bruttovolumen[m³]:                | 5.060,80 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 4.048,60 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,45     |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 6        |



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 4   | 8   |

Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                            |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässe |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                       |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung       |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude     |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                       |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                               | 1.388,64                   |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                       |
| Präsenzerfassung:                        | Automatisch                |
| Präsenzerfassung:                        | tageslichtabhängig Ein/Aus |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 15,00        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 340,22      | 101,44     | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 210,30      | 210,30     | 1,60   |
| Einzelfläche: 210,30 Anzahl:1 Gesamtfläche: 210,30  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF2 Verglasung</b>   | 22,24       | 22,24      | 1,60   |
| Einzelfläche: 22,24 Anzahl:1 Gesamtfläche: 22,24  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>   | 6,24        | 6,24       | 1,60   |
| Einzelfläche: 6,24 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,24  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Außenwand : Aw1 Brüstung</b>  | 95,68  | 26,74  | 0,30 |
| Ausr.: Nord Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>  | 50,60  | 50,60  | 1,60 |
| Einzelfläche: 50,60 Anzahl:1 Gesamtfläche: 50,60<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisoliierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Fenster : FF3 Verglasung</b>  | 18,35  | 18,35  | 1,60 |
| Einzelfläche: 18,35 Anzahl:1 Gesamtfläche: 18,35<br>Ausr.: Nord Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisoliierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 623,44 | 198,80 | 0,30 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>  | 424,65 | 424,65 | 1,60 |
| Einzelfläche: 424,65 Anzahl:1 Gesamtfläche: 424,65<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisoliierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>  | 143,49 | 45,75  | 0,30 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>  | 97,74  | 97,74  | 1,60 |
| Einzelfläche: 97,74 Anzahl:1 Gesamtfläche: 97,74<br>Ausr.: Süd Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisoliierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>  | 285,67 | 285,67 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ADI Decke nach unten</b>   | 19,07  | 19,07  | 0,35 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ADL Decke nach oben</b>  | 10,77  | 10,77  | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>   | 20,26  | 20,26  | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                            |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager</b>  | 29,97  | 29,97  | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |        |        |      |
| Aufb: -  |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                            |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |        |        |      |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**4.10. Zonendaten der Zone Zone10 Server**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIRK}/A_{VINGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                       | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Kühlung RLT<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |        |
|--|--------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 145,24 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 239,35 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 623,80 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 499,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,45   |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 6      |

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 21 Serverraum, Rechenzentrum

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                          | 0   | 24   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                         |     | 365  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]          |     | 4407 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]        |     | 4353 |
| tägliche Betriebszeit RL.T. und Kühlung [Uhr]        | 0   | 24   |
| jährliche Betriebstage RL.T., Kühlung, Heizung [d/a] |     | 365  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                  | 0   | 24   |

#### Raumkonditionen

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 1,3 |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 0   | 0   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,96 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,5  |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 40     | 30     | 20   |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungsstunden [h/d] | max. spezifische Leistung tief | Leistung mittel | hoch |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-----------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                         | 2                              | 2,5             | 4    |
| Arbeitshilfen             | 12                        | 50                             | 150             | 500  |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Heated\_And\_Cooled

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Belüftungsrandbedingungen der Zone

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässe             |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein                                   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00                                   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig                            |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein                                   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Keine Wärmerückgewinnung               |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00                                  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | nein                                   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein                                   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00                                  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00                                  |

### Beleuchtungsbereiche der Zone

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Bezeichnung:                            | Beleuchtungsbereich 1      |
| Fläche[m]:                              | 145,24                     |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[x]: | 500,00                     |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex: | Nutzerprofil               |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:     | 1,50                       |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:         | 1,50                       |
| Präsenzerfassung:                       | Manuell                    |
| Präsenzerfassung:                       | tageslichtabhängig Ein/Aus |
| Bezeichnung:                            | Kunstlicht 1               |
| Berechnungsmodus:                       | Fachplanung                |
| installierte Leistung[W/m²]:            | 6,10                       |

### Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW1 Brüstung</b>   | 114,76      | 35,33      | 0,30   |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                     |             |            |        |
| <b>Fenster : FF1 Verglasung</b>   | 69,80       | 69,80      | 1,60   |
| Einzelfläche: 69,80 Anzahl:1 Gesamtfläche: 69,80  |             |            |        |
| Ausr.: Ost Neigung:Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500   |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,80  |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15   |             |            |        |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : FF4 Verglasung</b>  | 9,64  | 9,64  | 1,60 |
| Einzelfläche: 9,64 Anzahl:1 Gesamtfläche: 9,64<br>Ausr.: Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |       |       |      |
| <b>Außenwand : AW 1 Brüstung</b>   | 43,44 | 9,35  | 0,30 |
| Ausr.: West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : FF4 Verglasung</b>  | 34,09 | 34,09 | 1,60 |
| Einzelfläche: 34,09 Anzahl:1 Gesamtfläche: 34,09<br>Ausr.: West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2fach) U=1,2 - Außenjalousie (10°) grau - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1500<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 1,80<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : AD Flachdach</b>  | 22,95 | 22,95 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Decke zu Außenluft : ATu Decke gegen TG</b>   | 53,20 | 53,20 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Innendecke : ATu Decke gegen Lager 1. UG</b>  | 5,00  | 5,00  | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |



## Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

### 5. Anlagentechnik

#### 5.1. Übersicht über alle Anlagenbereiche

##### Heizung

| Name(Erzeugung) | Art  | Energieträger, (fP) | Vorlauf;<br>Rücklauf [C°] | Nennleistung<br>[kW] |
|-----------------|--|---------------------|---------------------------|----------------------|
| EE Wärme 1      |  |                     |                           |                      |
| Wärmeerzeuger 1 | Konventioneller Kessel;<br>Brennwertkessel | Erdgas H; 1,10      | 70,00; 55,00              | 230,00               |
| EE Wärme 2      |  |                     |                           |                      |
| Wärmeerzeuger 2 | Konventioneller Kessel;<br>Brennwertkessel | Erdgas H; 1,10      | 70,00; 55,00              | 240,00               |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 1        | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert<br>[W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 598,60    | 0,26              |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 239,00    | 0,26              |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 96,35               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung  | Zone                   | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|---|------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone1<br>Treppenhaus   | 25,00       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Flur             | 12,70       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone3<br>Grossraumbüro | 38,80       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone4<br>Gruppenbüro   | 18,60       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone5<br>Besprechung   | 10,80       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone9<br>Einzelbüro    | 29,20       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler<br>Vorlauftemperaturregelung | Zone10<br>Server       | 3,60        |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 2        | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert<br>[W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------------------|
| Rohrabschnitt 1     | Verteilleitung   | Leitungsführung innen | 1,00      | 0,20              |
| Rohrabschnitt 2     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 573,10    | 0,26              |
| Rohrabschnitt 3     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 160,00    | 0,26              |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = konstant | 102,67              |



**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|---------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Treppenhaus   | 25,00       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Flur          | 37,30       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone3 Grossraumbüro | 11,20       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Gruppenbüro   | 31,40       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Besprechung   | 39,20       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Sanitär       | 50,00       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Lager         | 50,00       |
| Übergabe 8      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Teeküche      | 50,00       |
| Übergabe 9      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9 Einzelbüro    | 20,80       |
| Übergabe 10     | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Server       | 46,40       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 3        | indirektes System | EE Wärme 2(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 579,70    | 0,26           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 244,00    | 0,26           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = konstant | 111,80              |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|---------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Treppenhaus   | 25,00       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Flur          | 12,10       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone3 Grossraumbüro | 50,00       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Gruppenbüro   | 21,70       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Besprechung   | 19,30       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Lager         | 33,20       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9 Einzelbüro    | 36,80       |
| Übergabe 8      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Server       | 40,10       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 4        | indirektes System | EE Wärme 2(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Verteilleitung   | Leitungsführung innen | 1,00      | 0,20           |
| Rohrabschnitt 2     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 558,40    | 0,26           |
| Rohrabschnitt 3     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 163,00    | 0,26           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = konstant | 86,61               |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone              | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Treppenhaus | 25,00       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Flur        | 37,90       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4 Gruppenbüro | 28,30       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Besprechung | 30,70       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Sanitär     | 50,00       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone7 Lager       | 16,80       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Teeküche    | 50,00       |
| Übergabe 8      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Server     | 9,90        |
| Übergabe 9      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9 Einzelbüro  | 13,20       |

**Warmwasser**

| Name(Erzeugung) | Heizung g u. TWW | Art | Energieträger, (fP) | Vorlauf; Rücklauf [C°] | Nennleistung [kW] |
|-----------------|------------------|-----|---------------------|------------------------|-------------------|
|                 |                  |     |                     |                        |                   |

**Kühlung**

| Name(Erzeugung) | Art                       | Primärkreis Vorlauf; Rücklauf [C°] |
|-----------------|---------------------------|------------------------------------|
| EE Kälte 1      |                           | 6,00; 12,00                        |
| Kälteerzeuger 1 | Kompressionskältemaschine |                                    |

| Name(Verteilkreise) | Art  | Erzeugereinheiten |
|---------------------|--|-------------------|
| VK Kühlung 1        | direktes System (direkte Wärme-/Kälteabgabe) | EE Kälte 1(100%)  |

| Name(Übergaben) | Zone          | Deckung [%] |
|-----------------|---------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone10 Server | 100,00      |

**Raumluftechnik**

| Name(Erzeugung) | Systemtemperatur Vorlauf; Rücklauf [C°] |
|-----------------|---|
|                 |   |

## **Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007** zu Bericht: Kapitel 3.5

### **6. Erzeugereinheiten für Wärme und Kälte**

Die Erzeugereinheiten fassen Erzeuger und Speicher zu einer Einheit zusammen, die durch Kreise an Verbraucher angeschlossen werden.

#### **6.1. Erzeugereinheit Wärme EE Wärme 1**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 92,00 Breite[m]: 15,25 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,45 Anzahl Geschosse: 8

#### **Erzeuger Typ: Konventioneller Kessel Name: Wärmeerzeuger 1**

Baujahr: 2002 Kombiniertes Wärme/Warmwasser Erzeuger: nein  
Energieträger: Erdgas H

Umgebung Zone: Standardwert unbeheizte Umgebung (13°)  
Betriebsweise bei kombiniertem Erzeuger: -  
Spezifizierung: Brennwertkessel, Gas-Brennwertkessel, Gebläsebrenner

Konstanttemperaturkessel mit Mischer: ja  
Elektrische Kesselregelung vorhanden: ja  
Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlusten: nein Messwert[-]: 0

#### **Kennwerte des Erzeugers**

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Vorlauftemperatur[C°]:                | 70,00  |
| Rücklauftemperatur[C°]:               | 55,00  |
| Kessel-Nennleistung [kW]:             | 230,00 |
| Betriebsbereitschaftsverlust [-]:     | 0,00   |
| Kesselwirkungsgrad [-]:               | 0,94   |
| Leistungsaufnahme [kW]:               | 0,61   |
| Leistungsaufnahme: (Schlummer.) [kW]: | 0,02   |
| Prüftemperatur 100 [°C]:              | 70,00  |
| Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]:  | 1,00   |
| Prüftemperatur bei Teillast [°C]:     | 30,00  |
| Lastbereich Teillast [-]:             | 0,30   |
| elektr. Leistungsaufn. Teillast [kW]: | 0,20   |

#### **6.2. Erzeugereinheit Wärme EE Wärme 2**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 92,00 Breite[m]: 15,25 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,45 Anzahl Geschosse: 8

#### **Erzeuger Typ: Konventioneller Kessel Name: Wärmeerzeuger 2**

Baujahr: 2002 Kombiniertes Wärme/Warmwasser Erzeuger: nein  
Energieträger: Erdgas H

Umgebung Zone: Standardwert unbeheizte Umgebung (13°)  
Betriebsweise bei kombiniertem Erzeuger: -  
Spezifizierung: Brennwertkessel, Gas-Brennwertkessel, Gebläsebrenner

Konstanttemperaturkessel mit Mischer: ja  
Elektrische Kesselregelung vorhanden: ja  
Kesselwirkungsgrad aus Abgasverlusten: nein Messwert[-]: 0

#### **Kennwerte des Erzeugers**

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Vorlauftemperatur [°C]:               | 70,00  |
| Rücklauftemperatur [°C]:              | 55,00  |
| Kessel-Nennleistung [kW]:             | 240,00 |
| Betriebsbereitschaftsverlust [-]:     | 0,00   |
| Kesselwirkungsgrad [-]:               | 0,94   |
| Leistungsaufnahme [kW]:               | 0,62   |
| Leistungsaufnahme: (Schlummer.) [kW]: | 0,02   |
| Prüftemperatur 100 [°C]:              | 70,00  |
| Kesselwirkungsgrad bei Teillast [-]:  | 1,00   |
| Prüftemperatur bei Teillast [°C]:     | 30,00  |
| Lastbereich Teillast [-]:             | 0,30   |
| elektr. Leistungsaufn. Teillast [kW]: | 0,21   |

**6.3. Erzeugereinheit Kälte EE Kälte 1**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 92,00    Breite[m]: 15,25    mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,45    Anzahl Geschosse: 8

**Erzeuger Typ: Kompressionskältemaschine    Name: Kälteerzeuger 1**

Baujahr:  
Umgebung Zone:  
Energieträger: -

**Kennwerte des Erzeugers**

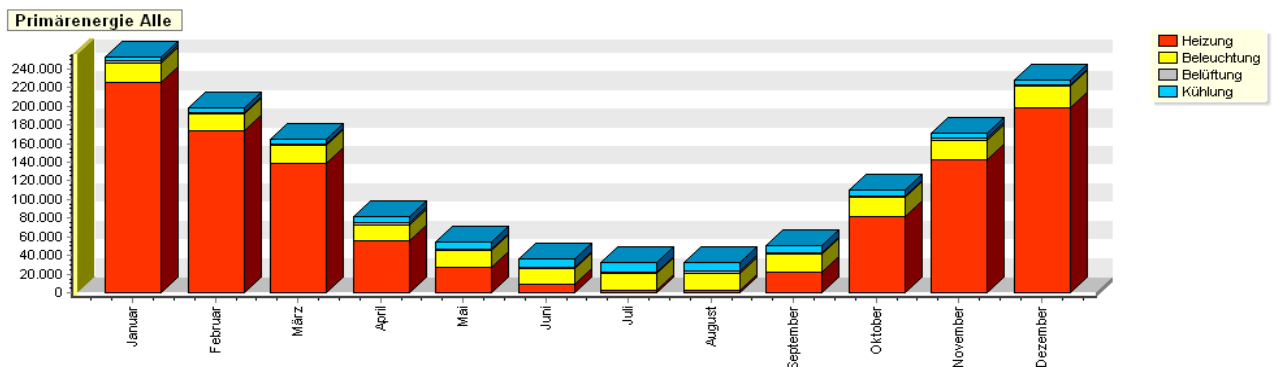
| Kennwert                            | Wert  |
|-------------------------------------|---|
| Art der Kühlung:                    | Raumklimasystem   |
| Art der Teillastregelung:           | Zweipunktregelung für Einzonensystem taktend                |
| Art Raumklimagerät:                 | Kompaktklimageräte als Fenster- oder Wandklimagerät < 12 kW |
| Kaltwasseraustrittstemperatur [°C]: | 6,0   |
| Verdampfungstemperatur [°C]:        | 0,0   |
| Heizmedieneintrittstemperatur [°C]: | 130,0   |
| Dampferzeugung:                     | -   |
| Art Verdichter:                     | Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW                  |
| Art Kältemittel:                    | R134a   |
| Art Kaltwassereintritt:             | konstant  |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| Bezeichner   | Formelzeichen      | Einheit              | Aktive Variante |
|--|--------------------|----------------------|-----------------|
| <b>Ergebnisübersicht</b>                             |                    |                      |                 |
| <b>Allgemein</b>                                     |                    |                      |                 |
| Nettogrundfläche                                     | A(NGF)             | m <sup>2</sup>       | 7636,26         |
| wärmeübertragende Umfassungsfläche                   | A                  | m <sup>2</sup>       | 7700,31         |
| Nettovolumen   | V                  | m <sup>3</sup>       | 23037,30        |
| Bruttovolumen  | V(e)               | m <sup>3</sup>       | 28796,60        |
| Bereich Innentemperatur größer 19 Grad               |                    |                      |                 |
| Nettogrundfläche                                     | A(NGF)             | m <sup>2</sup>       | 7636,26         |
| Bruttovolumen  | V(e)               | m <sup>3</sup>       | 28796,60        |
| wärmeübertragende Umfassungsfläche                   | A                  | m <sup>2</sup>       | 7700,31         |
| A zu Ve-Verhältnis                                   | A/V(e)             | 1/m                  | 0,27            |
| Fensterflächenanteil                                 | -                  | -                    | 0,72            |
| spez. Transmissionswärmekoeffizient                  | H'(T)              | W/(m <sup>2</sup> K) | 0,93            |
| <b>Heizung</b>                                       |                    |                      |                 |
| Nutzenergie  |                    |                      |                 |
| Nutzwärme Raumheizung                                | Q(h,b)             | kWh/a                | 746609,23       |
| Nutzwärme der Luftaufbereitung                       | Q(v,h,b)           | kWh/a                | 3523,47         |
| Nutzwärme Verluste Übergabe u. Verteilung RLT        | Q(v,h,ce)+Q(v,h,d) | kWh/a                | 0,00            |
| Nutzwärme Raumheizung und Luftaufbereitung inkl.     | Q(h u. h*,b)       | kWh/a                | 746609,23       |
| Nutzwärmebedarf der durch Anlagentechnik gedeckt ist |                    | kWh/a                | 744091,13       |
| Verluste   |                    |                      |                 |
| Heizsystem   |                    |                      |                 |
| Übergabe   | Q(h,ce)            | kWh/a                | 334042,76       |
| Verteilungsverluste der Verteilkreise                | Q(h,d)             | kWh/a                | 165337,07       |
| Anteil an Speicherverlusten                          | Q(h,s)             | kWh/a                | 54745,78        |
| Anteil an Erzeugerverlusten                          | Q(h,g)             | kWh/a                | 0,00            |
| RLT-Luftsystem Warm                                  |                    | kWh/a                | 113959,91       |
| Verteilungsverluste der Technikkreise                | Q(v,ce)            | kWh/a                | 0,00            |
| Anteil an Speicherverlusten                          | Q(v,d)             | kWh/a                | 0,00            |
| RLT-Heizfunktion                                     |                    | kWh/a                | 0,00            |
| Verteilungsverluste der Technikkreise                | Q(h*,d)            | kWh/a                | 0,00            |
| Anteil an Speicherverlusten                          | Q(h*,s)            | kWh/a                | 0,00            |
| Anteil an Erzeugerverlusten                          | Q(h*,g)            | kWh/a                | 0,00            |
| Erzeugernutzwärmeabgabe                              |                    |                      |                 |
| Erzeugernutzwärmeabgabe an das Heizsystem            | Q(h,outg)          | kWh/a                | 964173,99       |
| Erzeugernutzwärmeabgabe für die RLT-Heizfunktion     | Q(h*,outg)         | kWh/a                | 0,00            |
| Erzeugernutzwärmeabgabe für die Befeuchtung          | Q(m*,outg)         | kWh/a                | 0,00            |
| Regenerative Anteile                                 |                    |                      |                 |
| Regenerative Anteile                                 | Q(h,reg)           | kWh/a                | 0,00            |
| Endenergie Heizung                                   |                    |                      |                 |
| Endenergie Raumheizung                               | Q(h,f)             | kWh/a                | 1082219,05      |
| Endenergie RLT                                       | Q(h*,f)            | kWh/a                | 1078133,88      |
| Endenergie Wärme AKM                                 | Q(h,AKM,f)         | kWh/a                | 0,00            |
| Hilfsenergie   |                    |                      |                 |
| Hilfsenergie Raumheizung                             | Q(h,aux)           | kWh/a                | 4085,15         |
| Hilfsenergie Wärme RLT                               | Q(h*,aux)          | kWh/a                | 0,00            |
| Hilfsenergie Wärme AKM                               | Q(h,AKM,aux)       | kWh/a                | 0,00            |
| Endenergiebonus KWK                                  | Q(h,f Bonus KWK)   | kWh/a                | 0,00            |
| Primärenergie  |                    |                      |                 |
| Primärenergie  | Q(h,p)             | kWh/a                | 1079450,92      |
| Raumheizung  | Q(h,p)             | kWh/a                | 1068420,99      |
| RLT-Heizfunktion                                     | Q(h*,p)            | kWh/a                | 0,00            |
| Wärme AKM  | Q(h,AKM,p)         | kWh/a                | 0,00            |
| <b>Trinkwasserbereitung</b>                          |                    |                      |                 |
| Nutzenergie-Trinkwarmwasserbereitung                 | Q(w,b)             | kWh/a                | 0,00            |
| Verluste   |                    |                      |                 |
| Übergabe   | Q(w,ce)            | kWh/a                | 0,00            |
| Verteilung   | Q(w,d)             | kWh/a                | 0,00            |
| Speicherung  | Q(w,s)             | kWh/a                | 0,00            |
| Erzeugernutzwärmeabgabe                              | Q(w,outg)          | kWh/a                | 0,00            |
| Erzeugerverluste                                     | Q(w,g)             | kWh/a                | 0,00            |
| Regenerative Anteile                                 | Q(w,reg)           | kWh/a                | 0,00            |
| Endenergie Trinkwasserbereitung                      | Q(w,f)             | kWh/a                | 0,00            |

**Anlage 1: Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|                        |  |                        |       |            |
|------------------------|--|------------------------|-------|------------|
|                        | Bedarfsdeckung Trinkwarmwasserbereitung              | Q(w,f)                 | kWh/a | 0,00       |
|                        | Hilfsenergie Trinkwarmwasserbereitung                | Q(w,f,aux)             | kWh/a | 0,00       |
|                        | Endenergiebonus KWK                                  | Q(w,f Bonus<br>KWK)    | kWh/a | 0,00       |
|                        | Primärenergie  | Q(w,p)                 | kWh/a | 0,00       |
| <b>Beleuchtung</b>     | Nutzenergie-Beleuchtung                              | Q(l,b)                 | kWh/a | 86388,21   |
|                        | Endenergie Beleuchtung                               | Q(l,f)                 | kWh/a | 86388,21   |
|                        | Bedarfsdeckung Beleuchtung                           | Q(l,f)                 | kWh/a | 86388,21   |
|                        | Hilfsenergie Beleuchtung                             | Q(l,f,aux)             | kWh/a | 0,00       |
|                        | Primärenergie  | Q(l,p)                 | kWh/a | 233248,18  |
| <b>Raumlufttechnik</b> | Nutzenergie  |                        |       |            |
|                        | Nutzfeuchte der Luftaufbereitung                     | Q(m*,b)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Nutzenergie - RLT Heizregister                       | Q(h*,b)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Nutzenergie - RLT Kühlregister                       | Q(c*,b)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Endenergie RLT                                       |                        | kWh/a |            |
|                        | Endenergie Lüftung                                   | Q(v,f)                 | kWh/a | 6965,93    |
|                        | Bedarfsdeckung Hilfsenergie Lufttransport            | Q(v,f,aux)             | kWh/a | 6965,93    |
|                        | Endenergie RLT - Heizregister                        | Q(h*,f)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Endenergie RLT - Kühlregister                        | Q(c*,f)                | kWh/a | 0,00       |
| <b>Kühlung</b>         | Nutzenergie  | Q(c,b)                 | kWh/a | 79810,38   |
|                        | Nutzkälte Raumkühlung                                | Q(c,b)                 | kWh/a | 79810,38   |
|                        | Nutzenergie der Luftbefeuchtung                      | Q(m*,b)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Nutzkälte der Luftaufbereitung                       | Q(v,c,b)               | kWh/a | 994,67     |
|                        | Nutzkälte Verluste Übergabe u. Verteilung RLT        | Q(v,c,ce)+Q(v,c,d<br>) | kWh/a | 0,00       |
|                        | Nutzkälte Raumkühlung und Luftaufbereitung inkl.     | Q(c*,b)                | kWh/a | 79810,38   |
| Heizregister           | Nutzkälte der durch Anlagentechnik gedeckt ist       |                        | kWh/a | 79810,38   |
|                        | Endenergie Kühlung                                   | Q(c,f)                 | kWh/a | 30162,46   |
|                        | Endenergie Raumkälte                                 | Q(c,f)                 | kWh/a | 30162,46   |
|                        | Endenergie RLT                                       | Q(c*,f)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Endenergie Luftbefeuchtung                           | Q(c*,f)                | kWh/a | 0,00       |
|                        | Hilfsenergie   |                        |       |            |
|                        | Hilfsenergie Kühlsystem                              | Q(c,aux)               | kWh/a | 0,00       |
|                        | Hilfsenergie Kühlregister                            | Q(c,aux)               | kWh/a | 0,00       |
|                        | Primärenergie  |                        |       |            |
|                        | Kälte Raumkühlung                                    | Q(c,p)                 | kWh/a | 81438,63   |
|                        | Kälte RLT  | Q(c,p)                 | kWh/a | 0,00       |
| <b>Gesamt</b>          | Primärenergie  | Q(p)                   | kWh/a | 1412945,75 |
|                        | Endenergie   | Q(f)                   | kWh/a | 1205735,75 |
|                        | Primärenergie mit EnEV Randbedingungen               | Q(p)                   | kWh/a | 1412945,88 |
|                        | EnEV Maximalwert Primärenergie Neubaustandard        | Q(p,max)               | kWh/a | 1500299,00 |
|                        | EnEV Maximalwert Primärenergie modernisierter Altbau | Q(p,max)               | kWh/a | 2100418,60 |





Anlage 2: Z-Zwo – Energieausweis nach EnEV 2007  
zu Bericht: Kapitel 3.5

# ENERGIEAUSWEIS


für Nichtwohngebäude

gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: 14.05.2019

1

## Gebäude

|  |   |  |
|--|---|--|
| Hauptnutzung/<br>Gebäudekategorie              | Züblin Z-Zwo  |  |
| Adresse  | Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart  |  |
| Gebäudeteil                                    | EG - 05.OG  |  |
| Baujahr Gebäude                                | 2008  |  |
| Baujahr Wärmeerzeuger                          | 2002  |  |
| Baujahr Klimaanlage                            |   |  |
| Nettogrundfläche                               | 7.636 m <sup>2</sup>  |  |
| Anlass der Ausstellung<br>des Energieausweises | <input checked="" type="checkbox"/> Neubau<br><input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf <input type="checkbox"/> Modernisierung<br>(Änderung/Erweiterung) <input type="checkbox"/> Aushang bei öffentlichen Gebäuden<br><input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) |  |

## Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.**

- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen – siehe Seite 4**).
  - Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.
- Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch:  Eigentümer  Aussteller
- Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigefügt (freiwillige Angabe).

## Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Dipl.Ing.(FH) Lothar Bahmann  
Ed. Züblin AG  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

14.05.2009

Datum

Unterschrift des Ausstellers

## Anlage 2: Z-Zwo – Energieausweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

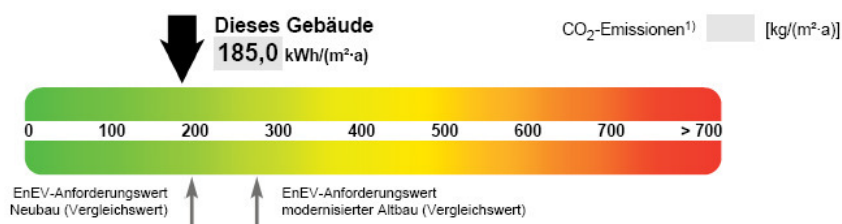
# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

### Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“



### Nachweis der Einhaltung des § 4 oder § 9 Abs. 1 EnEV<sup>2)</sup>

| Primärenergiebedarf   |                  | Energetische Qualität der Gebäudehülle             |               |
|-----------------------|------------------|--|---------------|
| Gebäude Ist-Wert      | 185,0 kWh/(m²·a) | Gebäude Ist-Wert H <sub>t</sub> <sup>+</sup>       | 0,93 W/(m²·K) |
| EnEV-Anforderungswert | 196,5 kWh/(m²·a) | EnEV-Anforderungs-Wert H <sub>t</sub> <sup>+</sup> | 1,25 W/(m²·K) |

### Energiebedarf

| Energieträger | Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für |            |                        |         |                              | Gebäude insgesamt |
|---------------|---|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
|               | Heizung                                       | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung |                   |
| Strom-Mix     | 0,5   | 0,0        | 11,3                   | 0,9     | 4,0                          | 16,7              |
| Erdgas H      | 141,2   | 0,0        | 0,0                    | 0,0     | 0,0                          | 141,2             |

### Aufteilung Energiebedarf

| [kWh/(m²·a)]  | Heizung | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung | Gebäude insgesamt |
|---------------|---------|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
| Nutzenergie   | 98,2    | 0,0        | 11,3                   | 0,0     | 10,6                         | 120,1             |
| Endenergie    | 141,7   | 0,0        | 11,3                   | 0,9     | 4,0                          | 157,9             |
| Primärenergie | 141,4   | 0,0        | 30,5                   | 2,5     | 10,7                         | 185,0             |

### Sonstige Angaben

- Einsetzbarkeit alternativer Energieversorgungssysteme:**  
 nach § 5 EnEV vor Baubeginn geprüft
- Alternative Energieversorgungssysteme werden genutzt für:**  
 Heizung     Warmwasser     Eingebaute Beleuchtung  
 Lüftung     Kühlung
- Lüftungskonzept**  
 Die Lüftung erfolgt durch:  
 Fensterlüftung     Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung  
 Schachtlüftung     Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### Gebäudezonen

| Nr.   | Zone                | Fläche [m²] | Anteil [%] |
|---|---------------------|-------------|------------|
| 1   | Zone1 Treppenhaus   | 860         | 11         |
| 2   | Zone2 Flur          | 1.207       | 16         |
| 3   | Zone3 Grossraumbüro | 1.721       | 23         |
| 4   | Zone4 Gruppenbüro   | 1.537       | 20         |
| 5   | Zone5 Besprechung   | 458         | 6          |
| 6   | Zone6 Sanitär       | 235         | 3          |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Zonen in Anlage |                     |             |            |

### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfs- werte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Die oben als EnEV-Anforderungswert bezeichneten Anforderungen der EnEV sind nur im Falle des Neubaus und der Modernisierung nach § 9 Abs. 1 EnEV bindend.

1) Freiwillige Angabe. 2) Nur in Fällen des Neubaus und der Modernisierung auszufüllen.



## Anlage 2: Z-Zwo – Energieausweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach § 9 Abs. 1 EnEV einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmetransferkoeffizient (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T$ ). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.

### Heizenergie- und Stromverbrauchskennwert (Energieverbrauchskennwerte) – Seite 3

Der Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser) wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs ermittelt. Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach Energieeinsparverordnung. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch hinsichtlich der örtlichen Wetterdaten auf ein standardisiertes Klima für Deutschland umgerechnet. Der ausgewiesene Stromverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs oder der entsprechenden Abrechnung ermittelt. Die Energieverbrauchskennwerte geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab.

Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Dazu wurden die Daten von einer großen Anzahl Gebäude untersucht und bewertet. Der Vergleichswert ist dabei der flächengewichtete Mittelwert aus der statistischen Verteilung. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Vergleichswerte werden durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bekannt gegeben.

**Anlage 2: Z-Zwo – Energieausweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**ENERGIEAUSWEIS** für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

3

Heizenergieverbrauchskennwert



Warmwasser enthalten

Stromverbrauchskennwert



Der Wert enthält den Stromverbrauch für:

Heizung  Warmwasser  Lüftung  eingebaute Beleuchtung  Kühlung  Sonstiges: \_\_\_\_\_

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

| Energieträger | Zeitraum |     | Energieverbrauch [kWh] | Anteil Warmwasser [kWh] | Klimafaktor | Energieverbrauchskennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)]<br>(zeitlich bereinigt, klimabereinigt) |            |          |
|---------------|----------|-----|------------------------|-------------------------|-------------|---|------------|----------|
|               | von      | bis |                        |                         |             | Heizung   | Warmwasser | Kennwert |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |   |            |          |
| Durchschnitt  |          |     |                        |                         |             |   |            |          |

Verbrauchserfassung – Strom

| Zeitraum |     | Ablesewert [kWh] | Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] |
|----------|-----|------------------|------------------------------------|
| von      | bis |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |

Gebäudekategorie

Gebäudekategorie \_\_\_\_\_

Sonderzonen \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Erläuterungen zum Verfahren












Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Der tatsächliche Verbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

1) Veröffentlicht im Bundesanzeiger/Internet durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.



**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**DIN V 18599: Legende - Farbkarte Zonierung**

| Farbe   | Name       | Nummer | Zone                          | Zuordnung<br>Standard-<br>Nutzungsprofil |
|---|------------|--------|-------------------------------|--|
|    | braun      | 1      | Treppenhäuser beheizt         | 19                                       |
|    | grün       | 2      | Flurbereiche/ Foyer/ Windfang | 19                                       |
|    | dunkelgelb | 3      | Großraumbüro                  | 3  |
|  | hellorange | 4      | Gruppenbüro                   | 2  |
|  | rot        | 5      | Besprechung                   | 4  |
|  | blau       | 6      | Sanitär/ WC                   | 6  |
|  | violett    | 7      | Lager                         | 20                                       |
|  | himmelblau | 8      | Teeküche                      | 17                                       |
|  | gelb       | 9      | Einzelbüro                    | 1  |
|  | lavendel   | 10     | Technik/ Server               | 21                                       |
|  | (hell)rosa | 11     | unbeheiztes Treppenhaus       | 19                                       |

**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

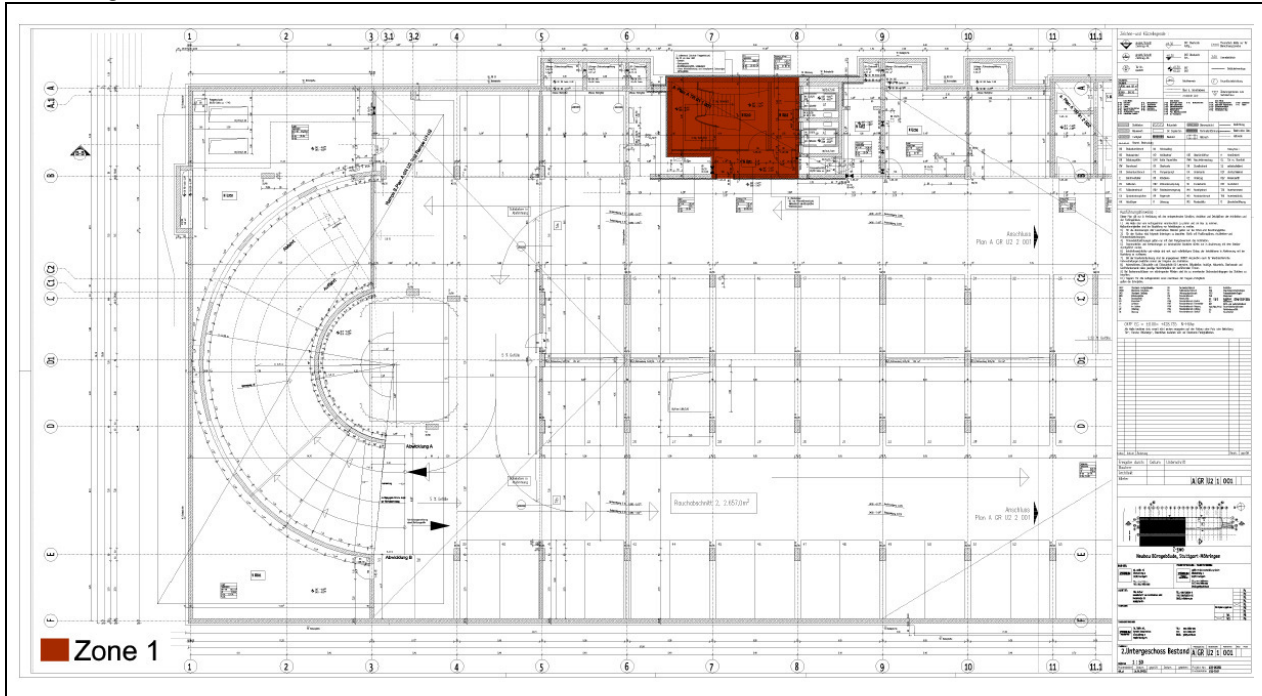
**GRUNDRISSE**

- 02. UNTERGESCHOSS
- 01. UNTERGESCHOSS
- ERDGESCHOSS
- 01. OBERGESCHOSS
- 02. OBERGESCHOSS
- 03. OBERGESCHOSS
- 04. OBERGESCHOSS
- 05. OBERGESCHOSS

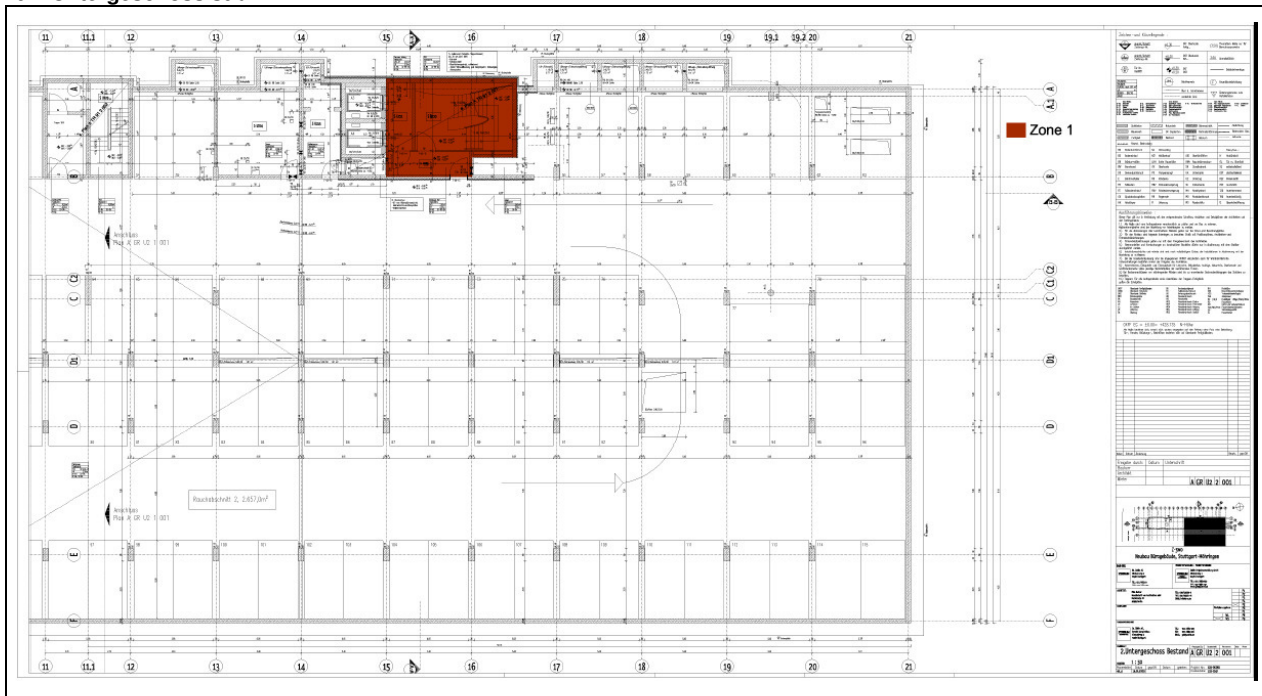


### Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599 zu Bericht: Kapitel 3.5

#### 02. Untergeschoss nord

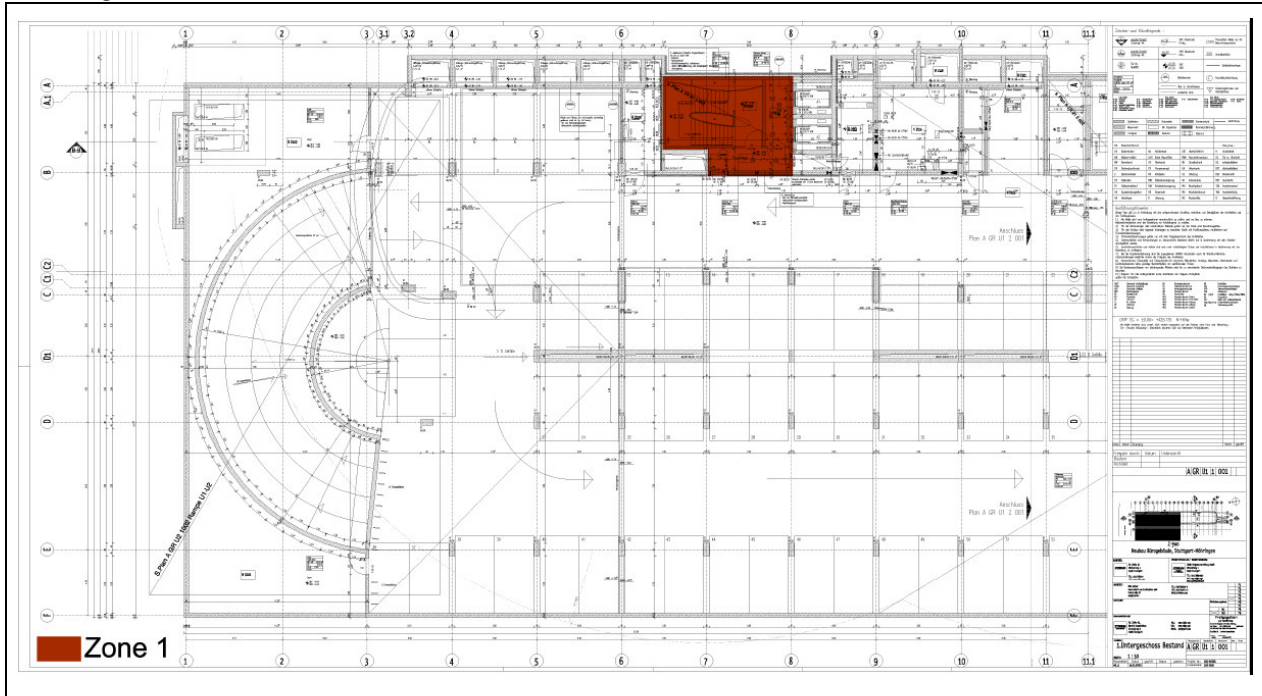


#### 02. Untergeschoss süd

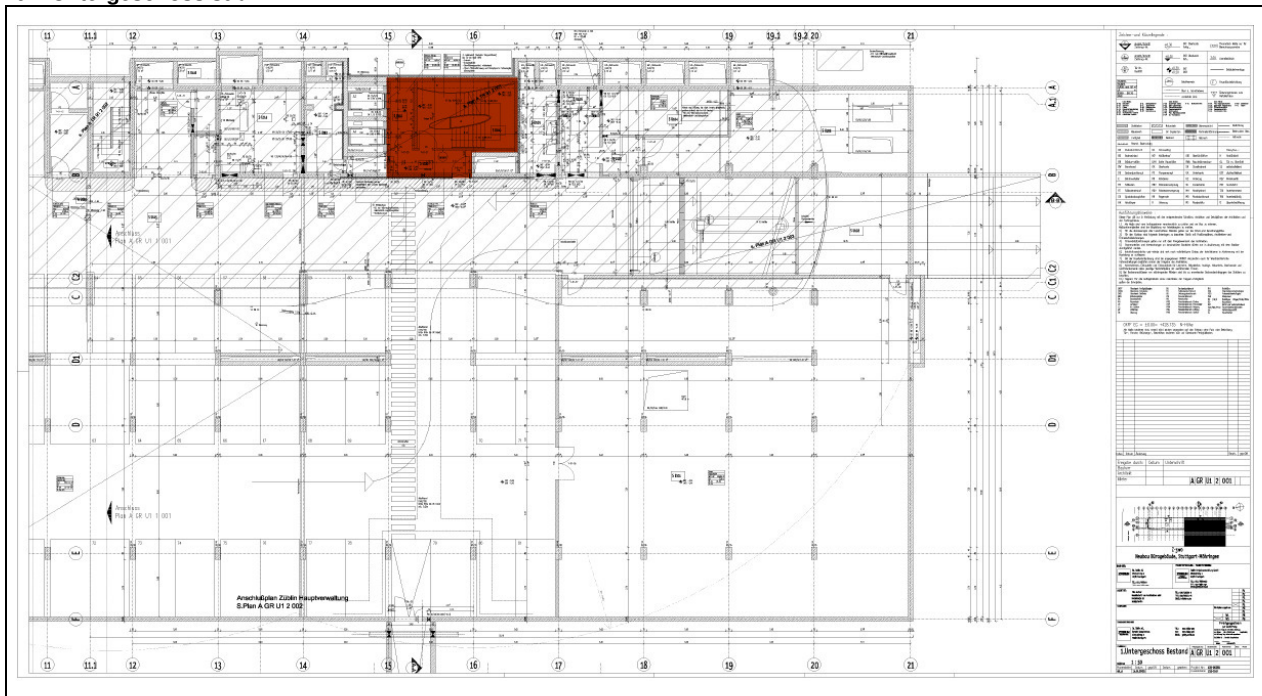


### Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599 zu Bericht: Kapitel 3.5

#### 01.Untergeschoss nord

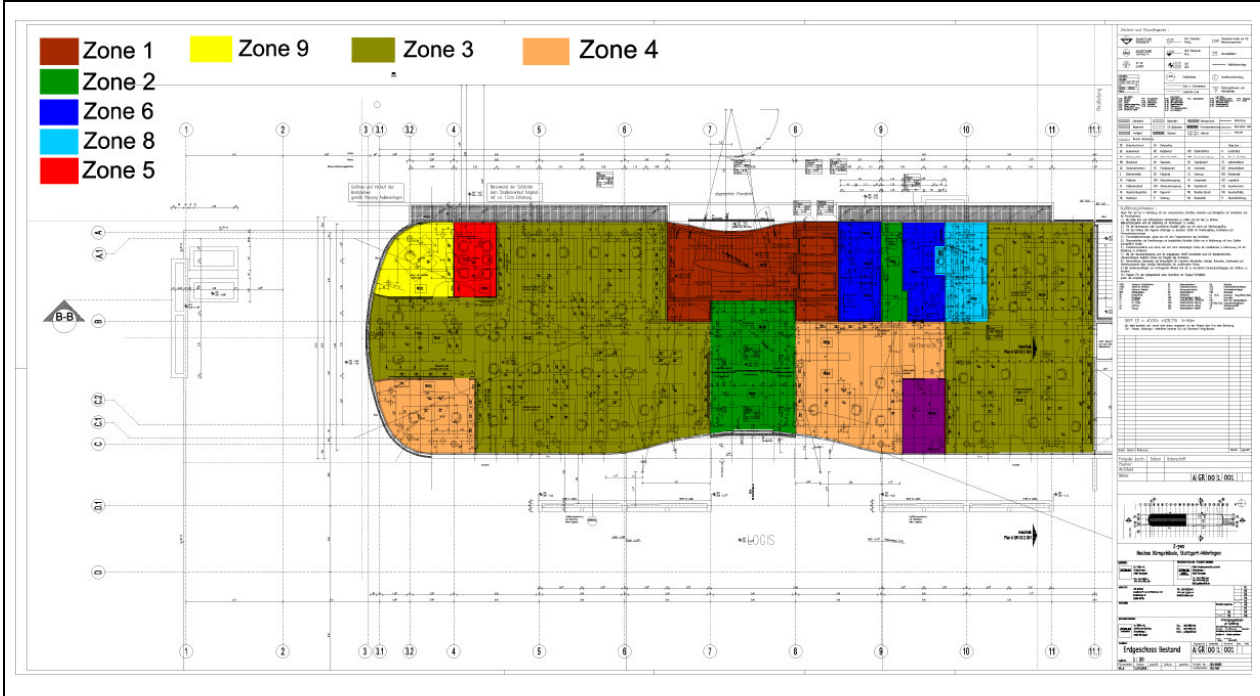


#### 01. Untergeschoss süd

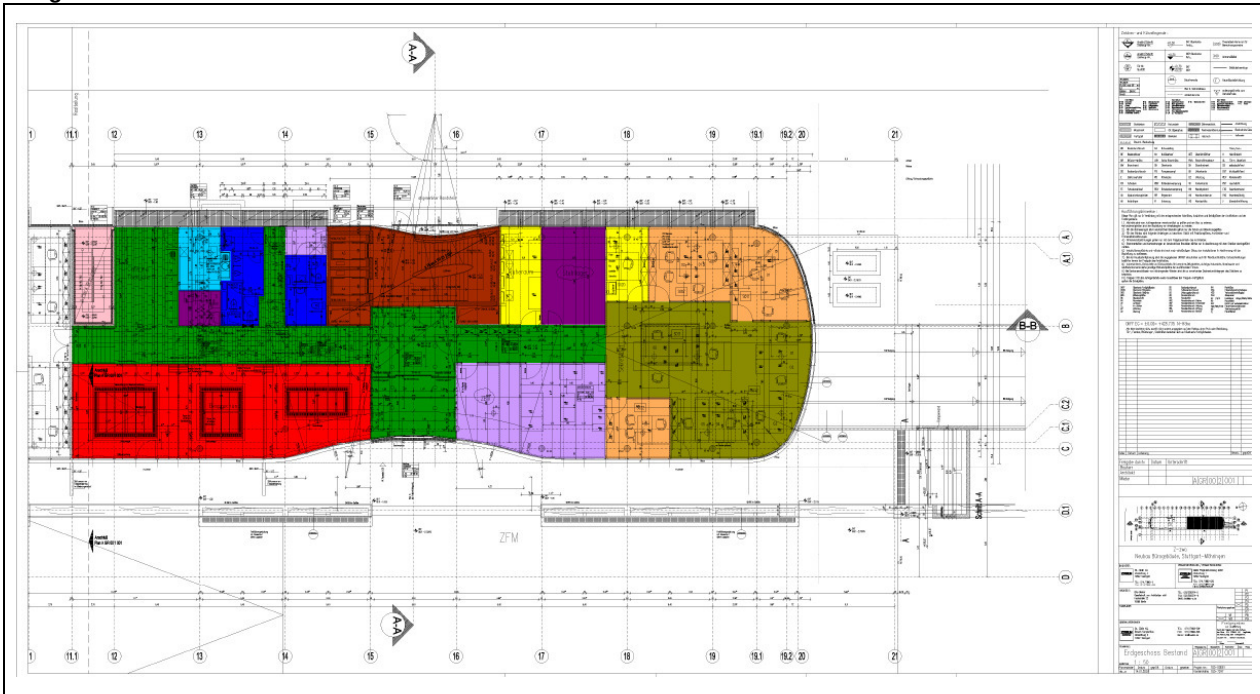


**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**Erdgeschoss nord**



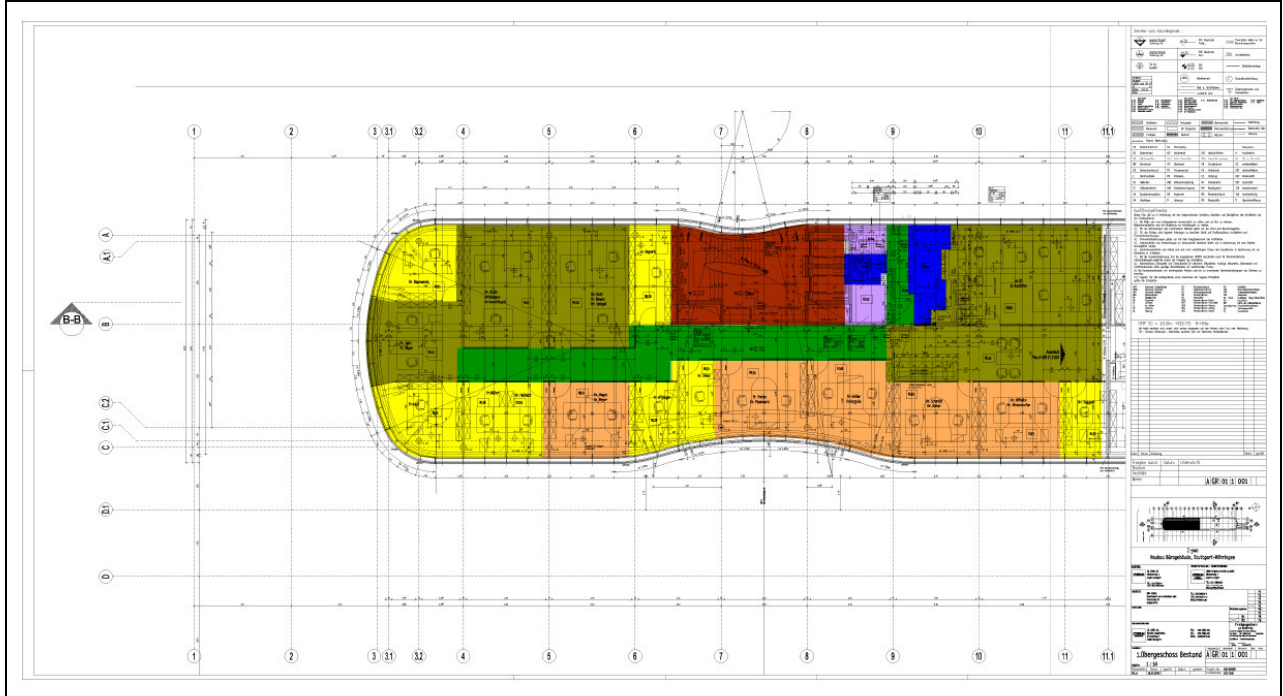
**Erdgeschoss süd**



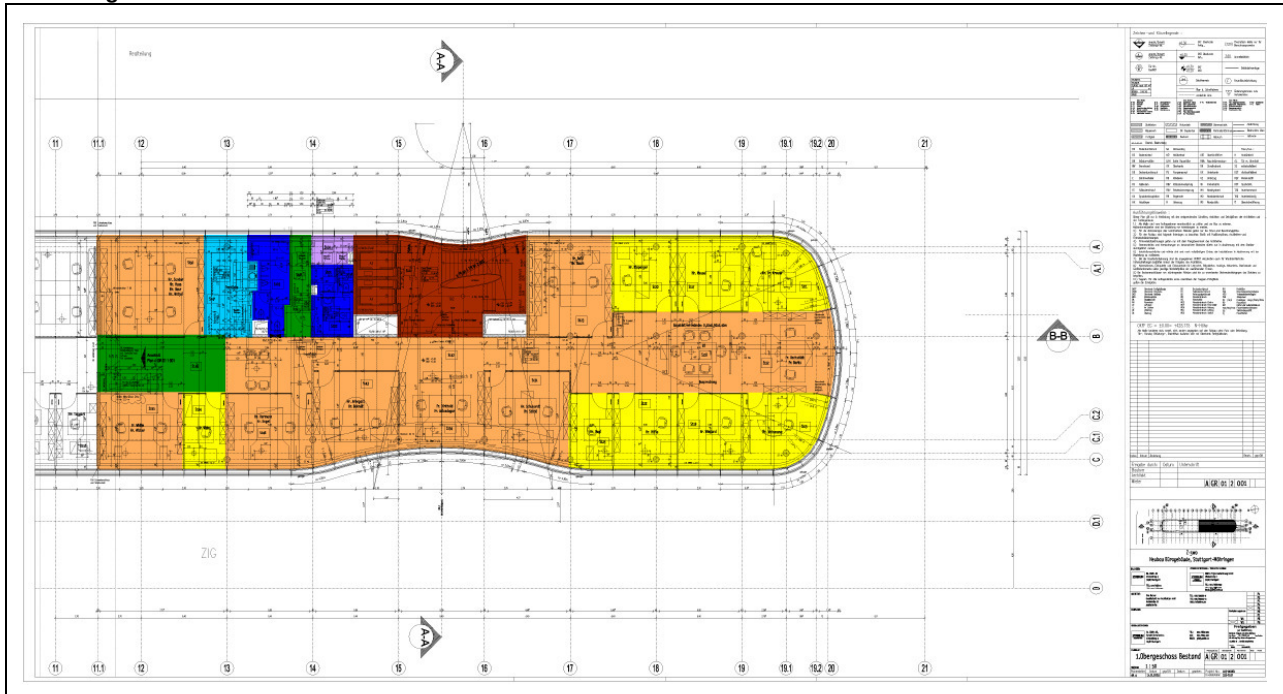


**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**01. Obergeschoss nord**

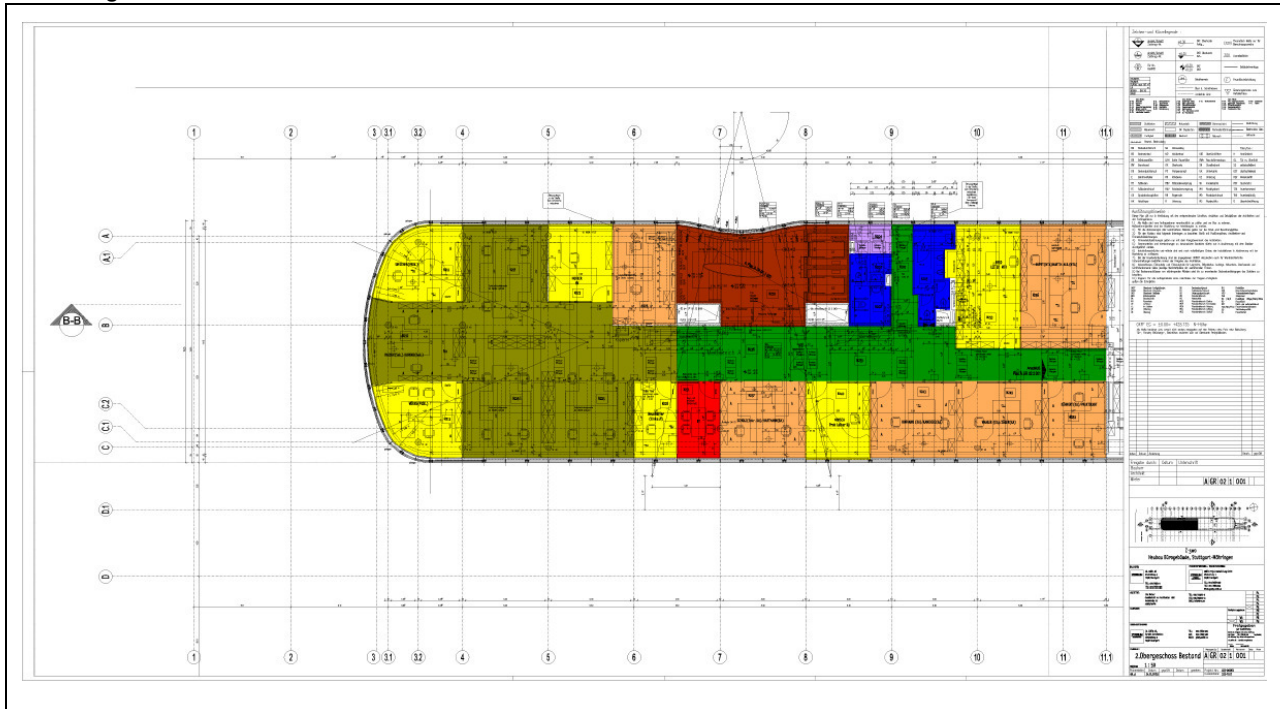


**01. Obergeschoss süd**

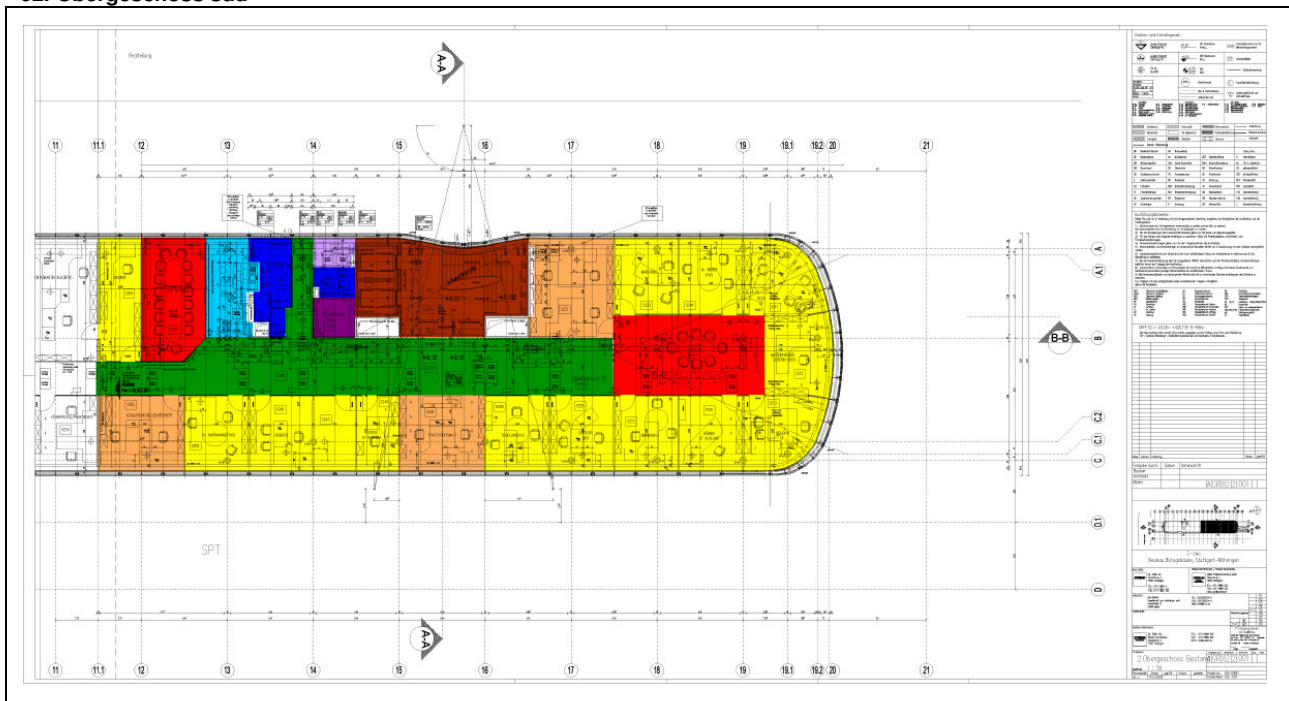


**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**02. Obergeschoss nord**

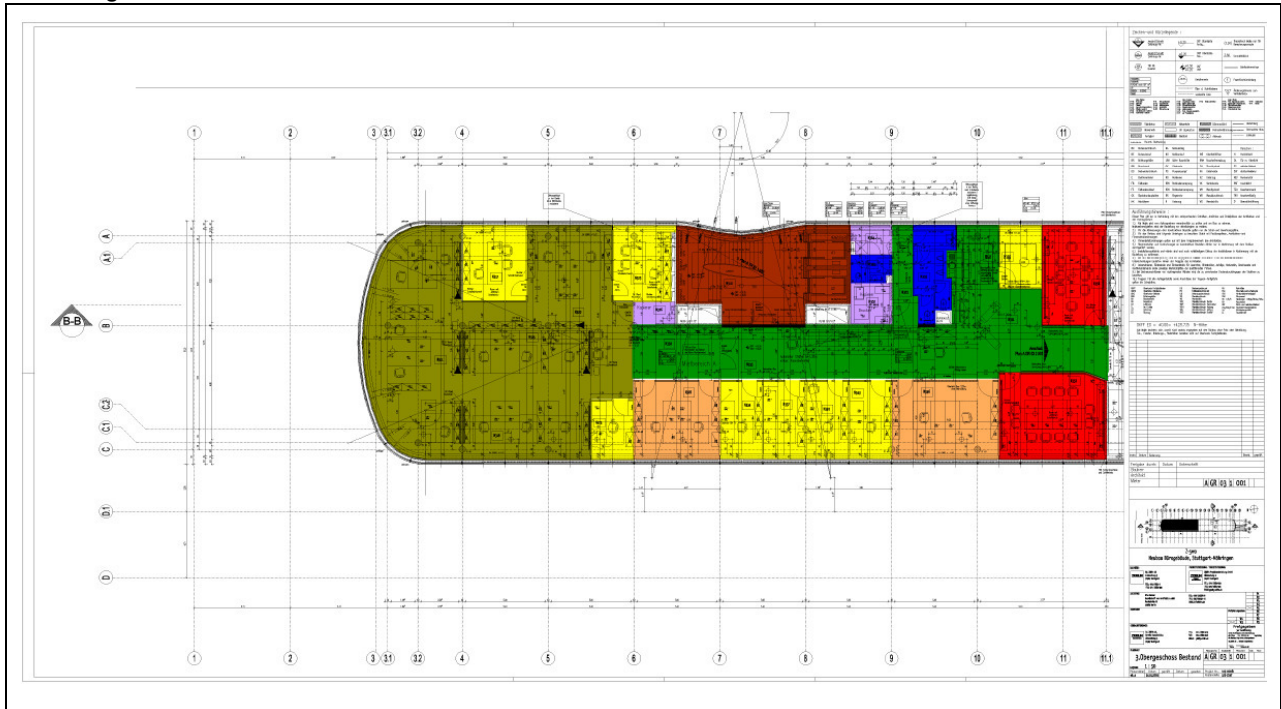


**02. Obergeschoss süd**

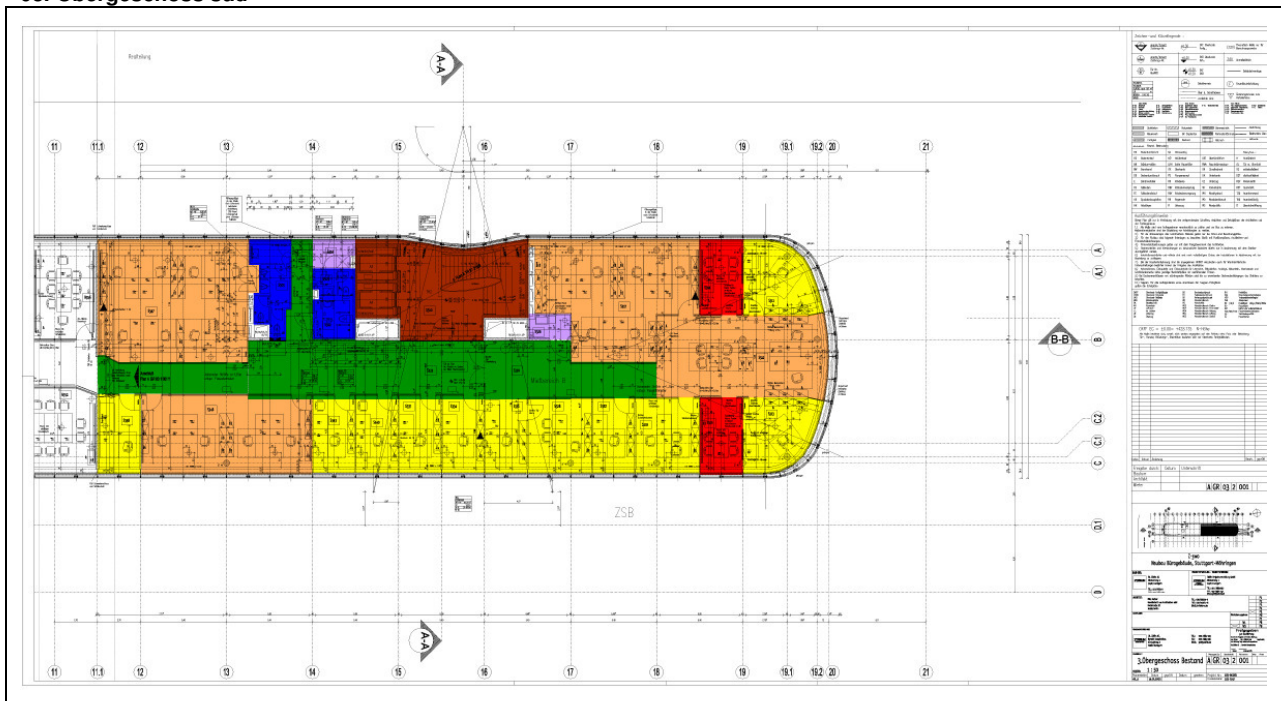


Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

03. Obergeschoss nord



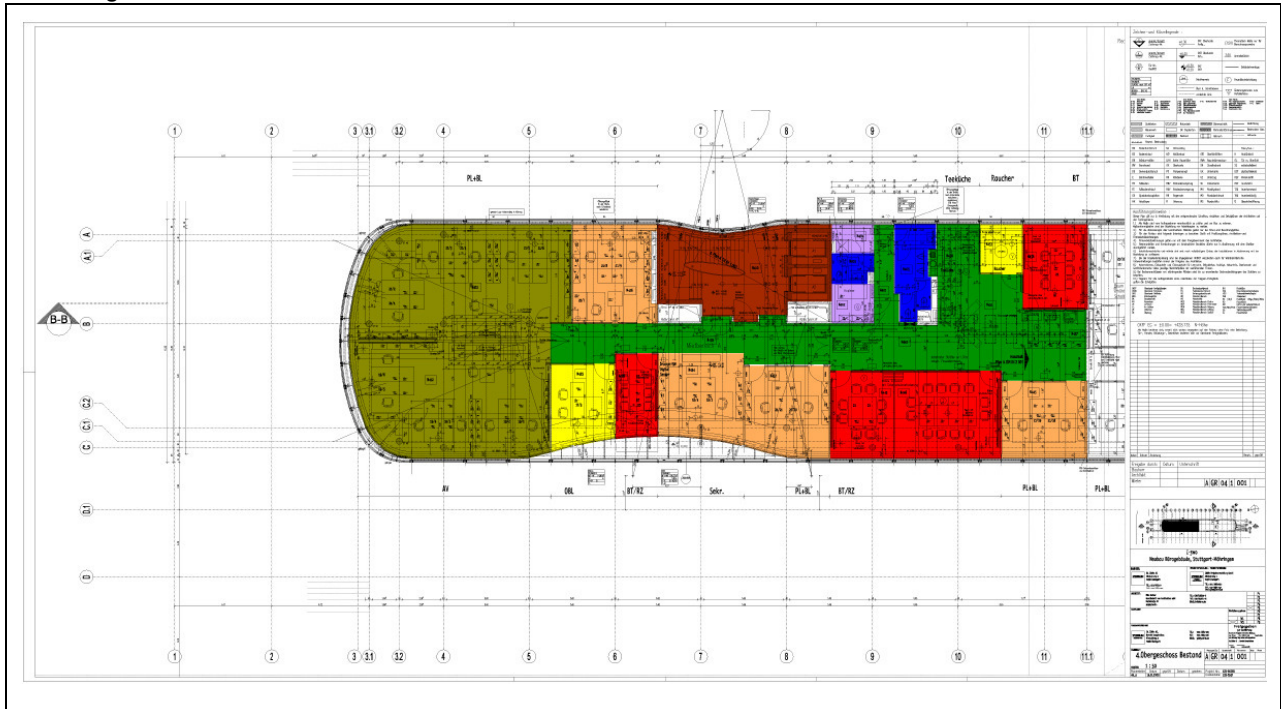
03. Obergeschoss süd



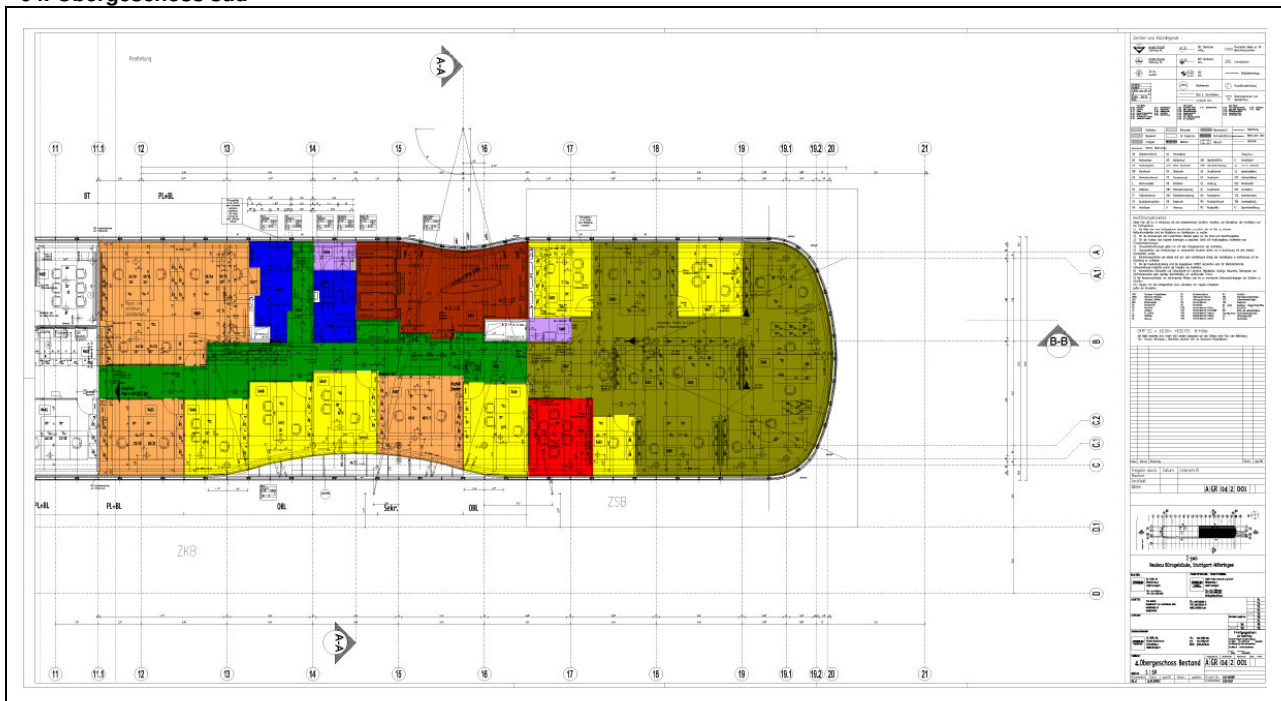


Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

04. Obergeschoss nord

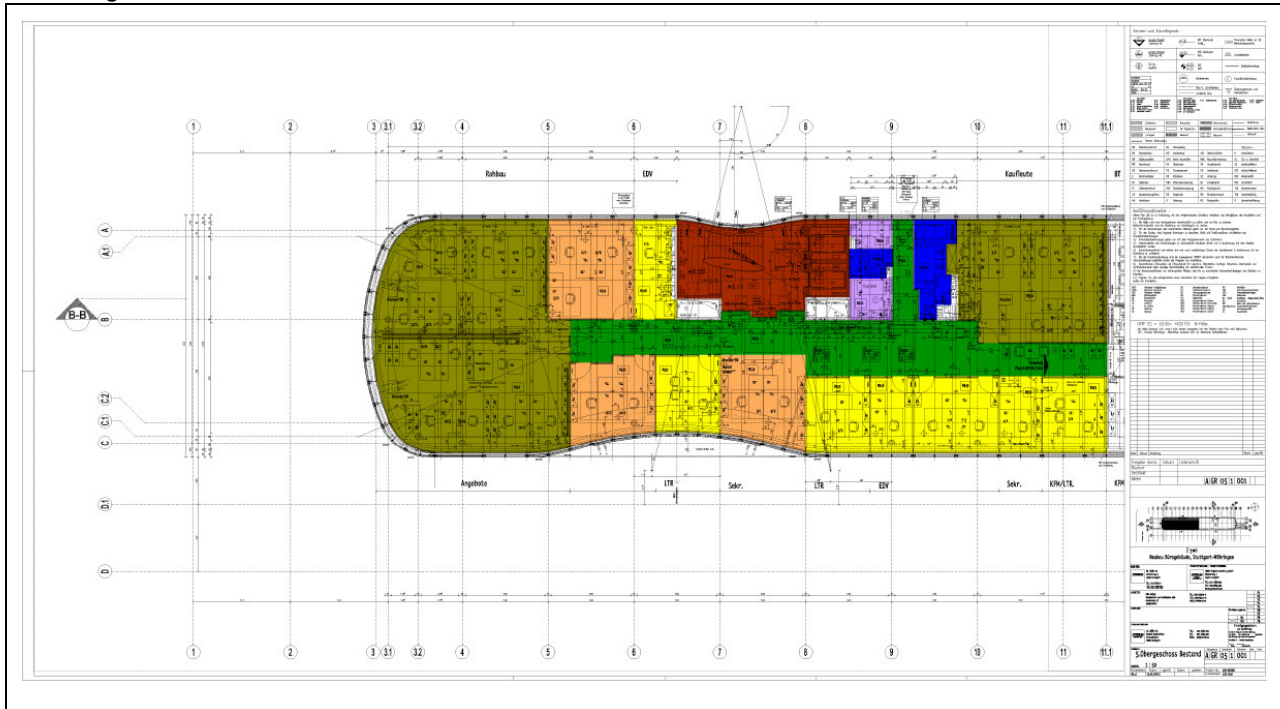


04. Obergeschoss süd

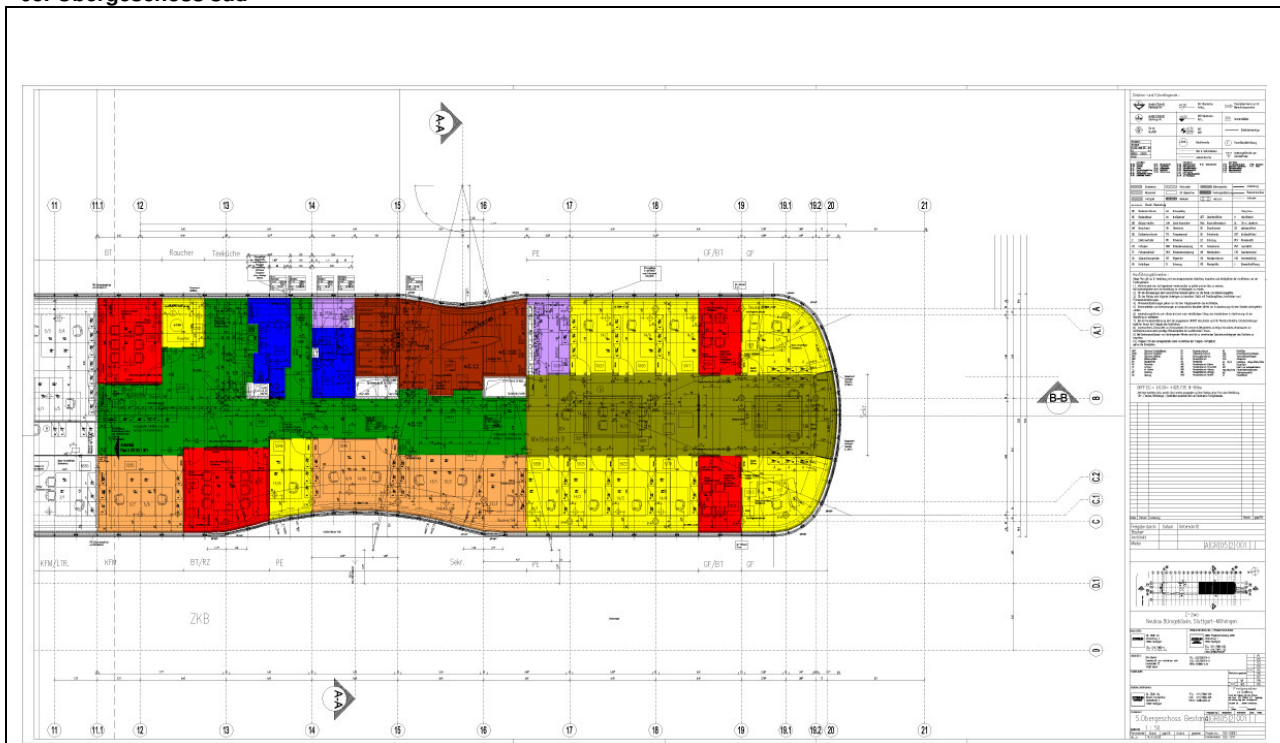


**Anlage 3: Z-Zwo – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**05. Obergeschoss nord**



**05. Obergeschoss süd**



**Anlage 4:** *Z-Zwo – Rechnerischer Nachweis nach 1.-3.WSchVo*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

Anlage enthält **3** Seiten

**Nachweis nach 1. WSchVo --> tatsächliche Dämmwerte**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Bauteile                 |                       | Umfassungsfläche F <sup>1)</sup>                             | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X F |
|--------------------------|-----------------------|--|-------------------|------------|-----------------------|----------------|
|                          |                       | nähere Spezifizierung  |                   |            | W/(m <sup>2</sup> *K) | W/K            |
| F <sub>w</sub>           | 1                     | Außenwand  | 1227,4            | 1          | 0,308                 | 378            |
|                          | 2                     |  |                   | 1          |                       | 0              |
|                          | 3                     |  |                   | 1          |                       | 0              |
| F <sub>f</sub>           | 1                     | Fensterflächen Nord  | 232,6             | 1          | 1,6                   | 372            |
|                          | 2                     | Fensterflächen Ost   | 1354,6            | 1          | 1,6                   | 2167           |
|                          | 3                     | Fensterflächen Süd   | 232,6             | 1          | 1,6                   | 372            |
|                          | 4                     | Fensterflächen West  | 1354,6            | 1          | 1,6                   | 2167           |
| F <sub>d</sub>           | 1                     | wärme gedämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                   | 1379,1            | 0,8        | 0,206                 | 227            |
|                          | 2                     |  |                   | 0,8        |                       | 0              |
| F <sub>g</sub>           | 1                     | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich |                   | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 2                     |  | 141,7             | 0,5        | 0,445                 | 32             |
|                          | 3                     | Wand gegen Erdreich  | 191,2             | 0,5        | 0,357                 | 34             |
| F <sub>dl</sub>          | 1                     | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 44,8              | 1          | 0,35                  | 16             |
|                          | 2                     | Tiefgarage   | 1047,5            | 1          | 0,326                 | 341            |
| F <sub>ab</sub>          | 1                     | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 255,9             | 1          | 0,42                  | 107            |
|                          |                       | Wand gegen Tiefgarage  | 154,7             | 1          | 2,88                  | 446            |
|                          |                       | Tür/TH   | 12,9              | 1          | 2,5                   | 32             |
|                          | 2                     | Wand gegen unbeh. TH   | 62,7              | 0,5        | 0,405                 | 13             |
| 3                        | Decke gegen unbeh. TH | 17,0   | 0,5               | 0,393      | 3                     |                |
| Summe Umfassungsfläche F |                       |  | <b>7709,4</b>     |            |                       | <b>6709</b>    |

|                         |         |                |              |      |                       |                       |
|-------------------------|---------|----------------|--------------|------|-----------------------|-----------------------|
| beheiztes Raumvolumen V | 28796,6 | m <sup>3</sup> | $k_{m, ist}$ | 0,87 | W/(m <sup>2</sup> *K) | Unter-/Überschreitung |
| F/V - Verhältnis        | 0,268   | 1/m            | $k_{m, max}$ | 1,32 | W/(m <sup>2</sup> *K) | -34,1%                |

2. ANFORDERUNG:  $k_{m,w,F} < 1,85 W/m^2$

| Teilsommen Faktor x k <sub>w</sub> X F <sub>w</sub> und Faktor x k <sub>f</sub> x F <sub>f</sub> |          |
|--|----------|
| Außenwand  | 378 W/K  |
| Fenster  | 5079 W/K |
| Gesamt   | 5457 W/K |

| Teilsommen der Umfassungsflächen |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| Außenwand                        | 1227 m <sup>2</sup>    |
| Fenster                          | 3174 m <sup>2</sup>    |
| Gesamt                           | 4401,91 m <sup>2</sup> |

|                 |      |                       |                       |
|-----------------|------|-----------------------|-----------------------|
| $k_{m,w,F} ist$ | 1,24 | W/(m <sup>2</sup> *K) | Unter-/Überschreitung |
| $k_{m,w,F} max$ | 1,85 | W/(m <sup>2</sup> *K) | -33,0%                |

**Nachweis nach 1. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Bauteile                 |                       | Umfassungsfläche F <sup>1)</sup>                             | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X F |
|--------------------------|-----------------------|--|-------------------|------------|-----------------------|----------------|
|                          |                       | nähere Spezifizierung  |                   |            | W/(m <sup>2</sup> *K) | W/K            |
| F <sub>w</sub>           | 1                     | Außenwand  | 1227,4            | 1          | 0,4                   | 491            |
|                          | 2                     |  | 0,0               | 1          |                       | 0              |
|                          | 3                     |  | 0,0               | 1          |                       | 0              |
| F <sub>f</sub>           | 1                     | Fensterflächen Nord  | 232,6             | 1          | 2,4                   | 558            |
|                          | 2                     | Fensterflächen Ost   | 1354,6            | 1          | 2,4                   | 3251           |
|                          | 3                     | Fensterflächen Süd   | 232,6             | 1          | 2,4                   | 558            |
|                          | 4                     | Fensterflächen West  | 1354,6            | 1          | 2,4                   | 3251           |
| F <sub>d</sub>           | 1                     | wärme gedämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                   | 1379,1            | 0,8        | 0,70                  | 772            |
|                          | 2                     |  |                   | 0,8        |                       | 0              |
| F <sub>g</sub>           | 1                     | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich |                   | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 2                     |  | 141,7             | 0,5        | 1,00                  | 71             |
|                          | 3                     | Wand gegen Erdreich  | 191,2             | 0,5        | 1,00                  | 96             |
| F <sub>dl</sub>          | 1                     | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 44,8              | 1          | 1,00                  | 45             |
|                          | 2                     | Tiefgarage   | 1047,5            | 1          | 0,55                  | 576            |
| F <sub>ab</sub>          | 1                     | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 255,9             | 1          | 1,00                  | 256            |
|                          | 2                     | Wand gegen Tiefgarage  | 154,7             | 1          | 1,00                  | 155            |
|                          |                       | Tür/TH   | 12,9              | 1          | 3,50                  | 45             |
|                          | 2                     | Wand gegen unbeh. TH   | 62,7              | 0,5        | 1,00                  | 31             |
| 3                        | Decke gegen unbeh. TH | 17,0   | 0,5               | 1,00       | 9                     |                |
| Summe Umfassungsfläche F |                       |  | <b>7709,4</b>     |            |                       | <b>10165</b>   |

|                         |         |                |              |      |                       |                       |
|-------------------------|---------|----------------|--------------|------|-----------------------|-----------------------|
| beheiztes Raumvolumen V | 28796,6 | m <sup>3</sup> | $k_{m, ist}$ | 1,32 | W/(m <sup>2</sup> *K) | Unter-/Überschreitung |
| F/V - Verhältnis        | 0,268   | 1/m            | $k_{m, max}$ | 1,32 | W/(m <sup>2</sup> *K) | -0,1%                 |

bedingt durch 2. Anforderung und hohem Fensterflächenanteil: 3-fach Verglasung g-Wert 0,70

2. ANFORDERUNG:  $k_{m,w,F} < 1,85 W/m^2$

| Teilsommen Faktor x k <sub>w</sub> X F <sub>w</sub> und Faktor x k <sub>f</sub> x F <sub>f</sub> |          |
|--|----------|
| Außenwand  | 491 W/K  |
| Fenster  | 7619 W/K |
| Gesamt   | 8110 W/K |

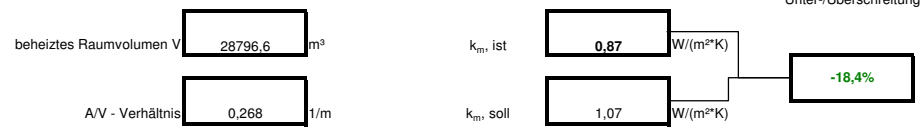
| Teilsommen der Umfassungsflächen |                        |
|----------------------------------|------------------------|
| Außenwand                        | 1227 m <sup>2</sup>    |
| Fenster                          | 3174 m <sup>2</sup>    |
| Gesamt                           | 4401,91 m <sup>2</sup> |

|                 |      |                       |                       |
|-----------------|------|-----------------------|-----------------------|
| $k_{m,w,F} ist$ | 1,84 | W/(m <sup>2</sup> *K) | Unter-/Überschreitung |
| $k_{m,w,F} max$ | 1,85 | W/(m <sup>2</sup> *K) | -0,4%                 |

**Nachweis nach 2. WSchVo ----> tatsächliche Dämmwerte**

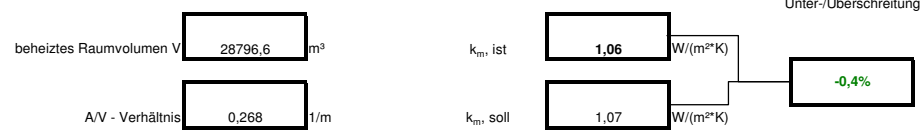
1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m, max}$

| Umfassungsfläche A       |   |  |                       | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X A |      |
|--------------------------|---|--|-----------------------|------------|-----------------------|----------------|------|
| Bauteile                 |   | nähere Spezifizierung  | in m²                 | -          | W/(m²K)               | W/K            |      |
| A <sub>w</sub>           | 1 | Außenwand  | Beton mit WDVS        | 1227,4     | 1                     | 0,308          | 378  |
|                          | 2 |  | 0                     | 0,0        | 1                     |                | 0    |
|                          | 3 |  | 0                     | 0,0        | 1                     |                | 0    |
| A <sub>f</sub>           | 1 | Fensterflächen Nord  | 0                     | 232,6      | 1                     | 1,600          | 372  |
|                          | 2 | Fensterflächen Ost   | 0                     | 1354,6     | 1                     | 1,600          | 2167 |
|                          | 3 | Fensterflächen Süd   | 0                     | 232,6      | 1                     | 1,600          | 372  |
|                          | 4 | Fensterflächen West  | 0                     | 1354,6     | 1                     | 1,600          | 2167 |
| A <sub>0</sub>           | 1 | wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 0                     | 1379,1     | 0,8                   | 0,206          | 227  |
|                          | 2 |  | 0                     | 0,0        | 0,8                   | 0,000          | 0    |
| A <sub>G</sub>           | 1 | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | 0                     | 0,0        | 0,5                   | 0,000          | 0    |
|                          | 2 |  | Bodenplatte           | 141,7      | 0,5                   | 0,445          | 32   |
|                          | 3 |  | Wand gegen Erdreich   | 191,2      | 0,5                   | 0,357          | 34   |
| A <sub>DL</sub>          | 1 | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                     | 44,8       | 1                     | 0,350          | 16   |
|                          | 2 |  | Tiefgarage            | 1047,5     | 1                     | 0,326          | 341  |
| A <sub>AB</sub>          | 1 | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | Wand gegen Tiefgarage | 255,9      | 1                     | 0,420          | 107  |
|                          | 2 |  | Wand gegen Tiefgarage | 154,7      | 1                     | 2,880          | 446  |
|                          |   |  | Tür/TH                | 12,9       | 1                     | 2,500          | 32   |
|                          |   |  | Wand gegen unbeh. TH  | 62,7       | 0,5                   | 0,405          | 13   |
|                          | 3 |  | Decke gegen unbeh. TH | 17,0       | 0,5                   | 0,393          | 3    |
| Summe Umfassungsfläche F |   |  | <b>7709,4</b>         | m²         |                       | <b>6709</b>    |      |



**Nachweis nach 2. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

| Umfassungsfläche A       |   |  |                       | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X A |      |
|--------------------------|---|--|-----------------------|------------|-----------------------|----------------|------|
| Bauteile                 |   | nähere Spezifizierung  | in m²                 | -          | W/(m²K)               | W/K            |      |
| A <sub>w</sub>           | 1 | Außenwand  | Beton mit WDVS        | 1227,4     | 1                     | 0,3            | 368  |
|                          | 2 |  | 0                     | 0,0        | 1                     |                | 0    |
|                          | 3 |  | 0                     | 0,0        | 1                     |                | 0    |
| A <sub>f</sub>           | 1 | Fensterflächen Nord  | 0                     | 232,6      | 1                     | 2,1            | 489  |
|                          | 2 | Fensterflächen Ost   | 0                     | 1354,6     | 1                     | 2,1            | 2845 |
|                          | 3 | Fensterflächen Süd   | 0                     | 232,6      | 1                     | 2,1            | 489  |
|                          | 4 | Fensterflächen West  | 0                     | 1354,6     | 1                     | 2,1            | 2845 |
| A <sub>0</sub>           | 1 | wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 0                     | 1379,1     | 0,8                   | 0,30           | 331  |
|                          | 2 |  | 0                     | 0,0        | 0,8                   |                | 0    |
| A <sub>G</sub>           | 1 | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | 0                     | 0,0        | 0,5                   |                | 0    |
|                          | 2 |  | Bodenplatte           | 141,7      | 0,5                   | 0,70           | 50   |
|                          | 3 |  | Wand gegen Erdreich   | 191,2      | 0,5                   | 0,70           | 67   |
| A <sub>DL</sub>          | 1 | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                     | 44,8       | 1                     | 0,70           | 31   |
|                          | 2 |  | Tiefgarage            | 1047,5     | 1                     | 0,30           | 314  |
| A <sub>AB</sub>          | 1 | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | Wand gegen Tiefgarage | 255,9      | 1                     | 0,70           | 179  |
|                          | 2 |  | Wand gegen Tiefgarage | 154,7      | 1                     | 0,70           | 108  |
|                          |   |  | Tür/TH                | 12,9       | 1                     | 3,50           | 45   |
|                          |   |  | Wand gegen unbeh. TH  | 62,7       | 0,5                   | 0,70           | 22   |
|                          | 3 |  | Decke gegen unbeh. TH | 17,0       | 0,5                   | 0,70           | 6    |
| Summe Umfassungsfläche F |   |  | <b>7709,4</b>         | m²         |                       | <b>8188</b>    |      |



festlegen: 1,20 oder 1,50 W/m²K



**Nachweis nach 3. WSchVo ----> tatsächliche Dämmwerte**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Bauteile                 |  | Umfassungsfläche A    | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup><br>W/(m <sup>2</sup> *K) | Faktor x k X A<br>W/K |
|--------------------------|--|-----------------------|-------------------|------------|--|-----------------------|
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | Beton mit WDVS        | 1227,4            | 1          | 0,308  | 378                   |
|                          | 2  |                       | 0,0               | 1          | 0,000  | 0                     |
|                          | 3  |                       | 0,0               | 1          | 0,000  | 0                     |
| A <sub>f</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  |                       | 232,6             | 1          | 1,600  | 372                   |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   |                       | 1354,6            | 1          | 1,600  | 2167                  |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   |                       | 232,6             | 1          | 1,600  | 372                   |
|                          | 4 Fensterflächen West  |                       | 1354,6            | 1          | 1,600  | 2167                  |
| A <sub>0</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     |                       | 1379,1            | 0,8        | 0,206  | 227                   |
|                          | 2  |                       | 0,0               | 0,8        | 0,000  | 0                     |
| A <sub>G</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich |                       | 0,0               | 0,5        | 0,000  | 0                     |
|                          | 2  | Bodenplatte           | 141,7             | 0,5        | 0,445  | 32                    |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich   | 191,2             | 0,5        | 0,357  | 34                    |
| A <sub>0L</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    |                       | 44,8              | 1          | 0,350  | 16                    |
|                          | 2  | Tiefgarage            | 1047,5            | 1          | 0,326  | 341                   |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | Wand gegen Tiefgarage | 255,9             | 1          | 0,420  | 107                   |
|                          |  | Wand gegen Tiefgarage | 154,7             | 1          | 2,880  | 446                   |
|                          | 2  | Tür/TH                | 12,9              | 1          | 2,500  | 32                    |
|                          | 3  | Decke gegen unbeh. TH | 62,7              | 0,5        | 0,405  | 13                    |
|                          |  | Decke gegen unbeh. TH | 17,0              | 0,5        | 0,393  | 3                     |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                       | <b>7709,4</b>     |            | <b>Q<sub>T</sub> = 84 x</b>                    | <b>6709</b>           |

| g-Wert | Strahlungsangebot I | Q <sub>S,i</sub><br>= 0,46 * I <sub>i</sub> * g <sub>i</sub> x AF <sub>i,j</sub> |
|--------|---------------------|--|
| 0,58   | 160                 | 9.930  |
| 0,58   | 275                 | 99.388   |
| 0,58   | 400                 | 24.825   |
| 0,58   | 275                 | 99.388   |
| Summe  |                     | <b>233.532</b>   |

beheiztes Raumvolumen V = 28796,6 m<sup>3</sup>  
A/V - Verhältnis = 0,268 1/m

Anrechenbares Luftvolumen V<sub>L</sub> = 23037,28

Q<sub>T</sub> = 563530,8591 kWh/a

Q<sub>L</sub> = 526401,848 kWh/a

Q<sub>I</sub> = 287.966 kWh/a

Q<sub>S</sub> = 233.532 kWh/a

Q<sub>H</sub> = 459.441 kWh/a

Q<sub>H,ist</sub> = 16,0 kWh/(m<sup>3</sup>\*a)

Q<sub>H,soil</sub> = 18,5 kWh/(m<sup>3</sup>\*a)

ohne mechanisch betriebene Lüftungsanlage

Q<sub>L</sub> = 22,84 \* V<sub>L</sub>

Q<sub>I</sub> = 10 \* V (Verwaltungsgebäude)

Q<sub>H</sub> = 0,9 \* (Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub>) - (Q<sub>I</sub> + Q<sub>S</sub>)

-13,6%

**Nachweis nach 3. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

| Bauteile                 |  | Umfassungsfläche A    | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup><br>W/(m <sup>2</sup> *K) | Faktor x k X A<br>W/K |
|--------------------------|--|-----------------------|-------------------|------------|--|-----------------------|
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | Beton mit WDVS        | 1227,4            | 1          | 0,300  | 368                   |
|                          | 2  |                       | 0,0               | 1          | 0,000  | 0                     |
|                          | 3  |                       | 0,0               | 1          | 0,000  | 0                     |
| A <sub>f</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  |                       | 232,6             | 1          | 2,000  | 465                   |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   |                       | 1354,6            | 1          | 2,000  | 2709                  |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   |                       | 232,6             | 1          | 2,000  | 465                   |
|                          | 4 Fensterflächen West  |                       | 1354,6            | 1          | 2,000  | 2709                  |
| A <sub>0</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     |                       | 1379,1            | 0,8        | 0,30   | 331                   |
|                          | 2  |                       | 0,0               | 0,8        |  | 0                     |
| A <sub>G</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich |                       | 0,0               | 0,5        |  | 0                     |
|                          | 2  | Bodenplatte           | 141,7             | 0,5        | 0,70   | 50                    |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich   | 191,2             | 0,5        | 0,70   | 67                    |
| A <sub>0L</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    |                       | 44,8              | 1          | 0,70   | 31                    |
|                          | 2  | Tiefgarage            | 1047,5            | 1          | 0,30   | 314                   |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | Wand gegen Tiefgarage | 255,9             | 1          | 0,70   | 179                   |
|                          |  | Wand gegen Tiefgarage | 154,7             | 1          | 0,70   | 108                   |
|                          | 2  | Tür/TH                | 12,9              | 1          | 3,50   | 45                    |
|                          | 3  | Decke gegen unbeh. TH | 62,7              | 0,5        | 0,70   | 22                    |
|                          |  | Decke gegen unbeh. TH | 17,0              | 0,5        | 0,70   | 6                     |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                       | <b>7709,4</b>     |            | <b>Q<sub>T</sub> = 84 x</b>                    | <b>7871</b>           |

| g-Wert | Strahlungsangebot I | Q <sub>S,i</sub><br>= 0,46 * I <sub>i</sub> * g <sub>i</sub> x AF <sub>i,j</sub> |
|--------|---------------------|--|
| 0,62   | 160                 | 10.615   |
| 0,62   | 275                 | 106.243  |
| 0,62   | 400                 | 26.537   |
| 0,62   | 275                 | 106.243  |
| Summe  |                     | <b>249.638</b>   |

beheiztes Raumvolumen V = 28796,6 m<sup>3</sup>  
A/V - Verhältnis = 0,268 1/m

Anrechenbares Luftvolumen V<sub>L</sub> = 23037,28

Q<sub>T</sub> = 661145,2848 kWh/a

Q<sub>L</sub> = 526401,848 kWh/a

Q<sub>I</sub> = 287.966 kWh/a

Q<sub>S</sub> = 249.638 kWh/a

Q<sub>H</sub> = 531.189 kWh/a

Q<sub>H,ist</sub> = 18,4 kWh/(m<sup>3</sup>\*a)

Q<sub>H,max</sub> = 18,5 kWh/(m<sup>3</sup>\*a)

ohne mechanisch betriebene Lüftungsanlage

Q<sub>L</sub> = 22,84 \* V<sub>L</sub>

Q<sub>I</sub> = 10 \* V (Verwaltungsgebäude)

Q<sub>H</sub> = 0,9 \* (Q<sub>T</sub> + Q<sub>L</sub>) - (Q<sub>I</sub> + Q<sub>S</sub>)

-0,1%

## Anlage 5: Z-Zwo: *Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004*

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs

Maßgebende Normen und Verordnungen:

EnEV 2007

DIN V 18599, Teile 1 bis 10, energetische Bewertung von Gebäuden

DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand

DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:2003, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Z-Zwo

Nachweisverfahren **MB-V** nach EN 832 / DIN V 4108-6

Monatsbilanzverfahren für neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°00' nördl. Breite, Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9^\circ\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.10)$

#### Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

| Hüllfläche                  | A<br>[m <sup>2</sup> ] | U<br>[W/m <sup>2</sup> K] | F <sub>x</sub><br>[-] | Anmerkung | L <sub>D</sub><br>[W/K] |
|-----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| Dachflächen                 |                        |                           |                       |           |                         |
| 1FD Flachdach               | 1352,2                 | 0,206                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 413,8                   |
| Fensterflächen              |                        |                           |                       |           |                         |
| 2FF Süd                     | 232,6                  | 1,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 395,5                   |
| 3FF Nord                    | 232,6                  | 1,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 395,5                   |
| 4FF Ost                     | 1354,6                 | 1,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 2302,9                  |
| 5FF West                    | 1354,6                 | 1,600                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 2302,9                  |
| opake Bauteile              |                        |                           |                       |           |                         |
| 6FAW Brüstung               | 1227,4                 | 0,308                     | 1,00 F <sub>AW</sub>  | 50        | 500,8                   |
| trennende Bauteile          |                        |                           |                       |           |                         |
| 7FTu Decke gegen TG         | 1047,5                 | 0,326                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 446,3                   |
| 8FTu Wand gegen TG ged.     | 255,9                  | 0,420                     | 0,50 F <sub>u</sub>   | 50 08     | 79,3                    |
| 9FTu Wand gegen TG          | 154,7                  | 2,880                     | 0,50 F <sub>u</sub>   | 50 08     | 238,2                   |
| 10FTu Tür                   | 12,7                   | 2,500                     | 0,50 F <sub>u</sub>   | 50 08     | 17,1                    |
| 11FTu Wand gegen unbeh. TH  | 62,7                   | 0,405                     | 0,50 F <sub>u</sub>   | 50 08     | 19,0                    |
| 12FTu Decke gegen unbeh. TH | 17,0                   | 0,393                     | 0,50 F <sub>u</sub>   | 50 08     | 5,0                     |
| Bauteile gegen AL           |                        |                           |                       |           |                         |
| 13ADL Decke nach oben       | 26,9                   | 0,206                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 8,2                     |
| 14ADL Decke nach unten      | 44,8                   | 0,350                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 20,2                    |
| Bauteile gegen Erdreich     |                        |                           |                       |           |                         |
| 15AWE Wand gegen Erde       | 191,2                  | 0,357                     | 0,60 F <sub>bw</sub>  | 50 25 13  | 60,1                    |
| 16 FG Bodenplatte           | 141,7                  | 0,445                     | 0,35 F <sub>G</sub>   | 50 25 14  | 36,2                    |

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 7.709,2$$

$$\Sigma L_D + H_u + L_S \text{ [W/K]} = 7.240,8$$

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 142 / 12 = 11,71 \text{ m}$  (DIN V 4108-6, E.3)

### Anmerkungen

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 141,7 / 12,1 = 11,71$ .
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird ohne weiteren Nachweis pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T, FH} = \mathbf{7240,8 \text{ W/K}} \quad (0,94 \text{ W/m}^2\text{K})$$

### Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

| Bezeichnung   | Volumenermittlung                           | V [m <sup>3</sup> ] |
|---|---|---------------------|
| 1 umbauter Raum                                     | 28796,6                                     | 28796,6             |
| 2   |   |                     |
| Beheiztes Gebäudevolumen $V_e = 28.797 \text{ m}^3$ |   |                     |
| Gebäudenutzfläche                                   | $A_N = 0,32 \cdot V_e = 9.215 \text{ m}^2$  |                     |
| beheiztes Luftvolumen                               | $V_L = 0,80 \cdot V_e = 23.037 \text{ m}^3$ |                     |

### Lüftungswärmeverluste

|             |   |
|-------------|---|
| Luftvolumen | Netto-Luftvolumen $V_N = V_L = 23037 \text{ m}^3$ |
| Lüftung     | freie Lüftung, $n = 0,70 \text{ h}^{-1}$          |

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0.34 \cdot n \cdot V_N = \mathbf{5482,9 \text{ W/K}}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

### Interne Wärmegewinne

|               |   |
|---------------|---|
| Nutzfläche    | $A_N = 0,32 \cdot V = 9.215 \text{ m}^2$                |
| Wärmeleistung | Bürogebäude (Anhang D.3), $q_{i,M} = 6,0 \text{ W/m}^2$ |

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N = \mathbf{55.289 \text{ W}}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite  $50^\circ,00'$

| Kollektorfläche | A [m <sup>2</sup> ] |      | g <sub>L</sub> | F <sub>F</sub> | F <sub>C</sub> | F <sub>h</sub> | F <sub>O</sub> | F <sub>f</sub> | A <sub>s</sub> |
|-----------------|---------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fenster         |                     |      |                |                |                |                |                |                |                |
| 2FF Süd         | 232,6               | Süd  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 79,1           |
| 3FF Nord        | 232,6               | Nord | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 79,1           |
| 4FF Ost         | 1354,6              | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 460,8          |
| 5FF West        | 1354,6              | West | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 460,8          |

$A_s$  [m<sup>2</sup>] = A \* 0,90 \* g<sub>L</sub> \* F<sub>F</sub> \* F<sub>C</sub> \* F<sub>s</sub> mit  $F_s = F_h * F_o * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)

F<sub>F</sub> berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor F<sub>C</sub> für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren F<sub>h</sub> für Horizontwinkel der Verbauung, F<sub>O</sub> für horizontale Überhänge und F<sub>f</sub> für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,65: g<sub>L</sub> der Wärmeschutzverglasung

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren F<sub>s</sub> wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

Strahlungsintensitäten I<sub>s</sub> für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ] | Aug                      | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
|---------------------|--------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| - 0°                | 179                      | 135 | 75    | 39    | 22    | 33    | 52    | 82    | 190    |
| Süd 90°             | 112                      | 115 | 81    | 54    | 33    | 56    | 61    | 80    | 137    |
| West 90°            | 115                      | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Nord 90°            | 70                       | 48  | 33    | 18    | 10    | 14    | 23    | 34    | 64     |
| Ost 90°             | 115                      | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Kollektorfläche     |                          |     | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
| Fenster             |                          |     |       |       |       |       |       |       |        |
| 2FF Süd             |                          |     | 6410  | 4273  | 2612  | 4432  | 4827  | 6331  | 10842  |
| 3FF Nord            |                          |     | 2612  | 1424  | 791   | 1108  | 1820  | 2691  | 5065   |
| 4FF Ost             |                          |     | 23503 | 12904 | 6913  | 11521 | 17051 | 24425 | 57605  |
| 5FF West            |                          |     | 23503 | 12904 | 6913  | 11521 | 17051 | 24425 | 57605  |
| solare Wärmeströme  | $\Sigma\Phi_S$ [W]       |     | 56028 | 31505 | 17228 | 28582 | 40750 | 57871 | 131117 |
|                     | $\Sigma\Phi_S * t$ [kWh] |     | 41684 | 22684 | 12818 | 21265 | 27384 | 43056 | 94404  |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

### Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken

$c_{\text{wirk}} = 15,0$  [Wh/m<sup>3</sup>K],  $c_{\text{wirk}} * V_e = 431.949$  [Wh/K]

Parameter  $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H * \tau_0) = 1 + 26997 / H$  (Gl.75, monatlich)

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{isb} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{pp} = 2.375.044$  W (manuell)

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 46075$  W, Luftwechselrate  $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 * V_e = 345.559$  Wh/K

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{inh}$<br>°C | $\theta_{i1}$<br>°C | $t_{nh}$<br>h | $t_{sb}$<br>h | $t_{bh}$<br>h | $\theta_{co}$<br>°C | $\theta_{c1}$<br>°C | $\theta_{c2}$<br>°C | $\theta_{c3}$<br>°C | $\Delta Q_{ilj}$<br>kWh | $\Delta Q_{il}$<br>kWh |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Jan | -1,3             | -1,3                 | 14,4                | 5,8           | 1,2           | 0,0           | 19,0                | 15,6                | 15,2                | 15,2                | 211,1                   | 6544                   |
| Feb | 0,6              | 0,6                  | 14,8                | 6,6           | 0,4           | 0,0           | 19,0                | 15,5                | 15,4                | 15,4                | 194,6                   | 5450                   |
| Mär | 4,1              | 4,1                  | 15,6                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 16,1                | 16,1                | 16,1                | 157,9                   | 4895                   |
| Apr | 9,5              | 9,5                  | 16,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 17,1                | 17,1                | 17,1                | 100,7                   | 3020                   |
| Mai | 12,9             | 12,9                 | 17,6                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 17,8                | 17,8                | 17,8                | 64,6                    | 2004                   |
| Jun | 15,7             | 15,7                 | 18,3                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,3                | 18,3                | 18,3                | 35,0                    | 1049                   |
| Jul | 18,0             | 18,0                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,8                | 18,8                | 18,8                | 10,6                    | 329                    |
| Aug | 18,3             | 18,3                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,9                | 18,9                | 18,9                | 7,4                     | 230                    |
| Sep | 14,4             | 14,4                 | 18,0                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,1                | 18,1                | 18,1                | 48,8                    | 1463                   |
| Okt | 9,1              | 9,1                  | 16,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 17,0                | 17,0                | 17,0                | 104,9                   | 3253                   |
| Nov | 4,7              | 4,7                  | 15,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 16,2                | 16,2                | 16,2                | 151,6                   | 4547                   |
| Dez | 1,3              | 1,3                  | 15,0                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 15,5                | 15,5                | 15,5                | 187,6                   | 5815                   |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung, Parameter manuell

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} * [(\theta_{io} - \theta_{inh}) * t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) * t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) * t_{bh}] - C * \zeta * (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{il} = \Delta Q_{ij} * \dots$  Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{il} = 38598,1$  kWh/a

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0,34 * 0,50 * V_L = 3.916$  W/K

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 11.157$  W/K

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 * AN / 0,13 = 283.536$  W/K

$H_w$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m<sup>2</sup>)

$$H_w = 346,2 + 383,8 + 383,8 + 2235,1 + 2235,1 + 439,4 + 223,1 + 66,5 + 231,0 + 16,5 + 15,8 + 4,2 + 6,9 + 15,9 + 50,5 + 29,1 = 6.683$$
 W/K

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} * (H_{sb} - H_w - H_v) / (H_{ic} - H_{sb} + H_w + H_v) = 559$$
 W/K

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,00$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_w + H_v) = 1,00$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta * C / (\xi * H_{sb}) = 32,07$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta * C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,21$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e * \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \xi * (\theta_{co} - \theta_{cnh}) * \exp(-t_{nh} / \tau_p)$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta * (\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizwärmebedarf

|                            |  |
|----------------------------|--|
| Transmissionsverluste      | $Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d - \Delta Q_{il}$  |
| Transmissionswärmeverluste | $\Sigma L_D = 7241 \text{ W/K}$  |
| Heizunterbrechung          | $\Delta Q_{il}$ monatlich  |
| Lüftungswärmeverluste      | $H_V = 5483 \text{ W/K}$   |
| Interne Gewinne            | $\Phi_{i,M} = 55289 \text{ W}$   |
| Solare Gewinne             | $\Phi_S [\text{W}]$ (monatlich)  |
| Ausnutzungsgrad            | $\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. $c_{\text{Wirk}}$ )<br>$\gamma = Q_G / Q_I$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5) |

|     | $t_A$<br>[°C] | $Q_t$<br>[kWh] | $H_V \cdot \Delta T \cdot d$<br>[kWh] | $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\Phi_S \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\eta$ | $Q_h$<br>[kWh] |
|-----|---------------|----------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------|----------------|
| Jan | -1,3          | 102.816        | 82.809                                | 40.217                                   | 20.790                               | 0,98   | 124.618        |
| Feb | 0,6           | 84.081         | 67.795                                | 35.633                                   | 26.262                               | 0,96   | 89.981         |
| Mär | 4,1           | 75.374         | 60.781                                | 37.075                                   | 38.806                               | 0,90   | 60.274         |
| Apr | 9,5           | 46.507         | 37.503                                | 22.393                                   | 53.103                               | 0,56   | 8.514          |
| Mai | 12,9          | 30.858         | 24.883                                | 15.533                                   | 38.366                               | 0,38   | 1.842          |
| Jun | 15,7          | 16.155         | 13.027                                | 7.587                                    | 21.459                               | 0,19   | 136            |
| Jul | 18,0          | 5.059          | 4.079                                 | 2.321                                    | 6.816                                | 0,06   | 1              |
| Aug | 18,3          | 3.541          | 2.855                                 | 2.013                                    | 4.383                                | 0,05   | 0              |
| Sep | 14,4          | 22.519         | 18.159                                | 14.441                                   | 25.036                               | 0,36   | 1.201          |
| Okt | 9,1           | 50.081         | 40.385                                | 32.485                                   | 32.919                               | 0,79   | 25.061         |
| Nov | 4,7           | 70.005         | 56.452                                | 37.449                                   | 21.339                               | 0,94   | 67.668         |
| Dez | 1,3           | 89.538         | 72.203                                | 40.235                                   | 12.537                               | 0,98   | 108.968        |
|     | 8,9           | 596.533        | 480.931                               | 287.381                                  | 301.817                              |        | 488.266        |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 488.266 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 53,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Heizzeit vom 25.10. bis 16.4. (173 Tage, Gl.27)  
erforderliche Heizleistung, Richtwert 519 kW

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (7240,8) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 6543,8 = 102815,5 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 5482,9 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 82809,3 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 55289,5 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 41135,4 \text{ kWh}$$

$$\Phi_S \cdot d = 28581,7 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 21264,8 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (41135,4 + 21264,8) / (102816,0 + 82808,9) = 0,34 \quad a = 1 + 431949 / (7240,8 + 5482,9) / 16 = 3,12$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,978 \sim 0,959 \sim 0,901 \sim 0,563 \sim 0,378 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

Ein Wärmebedarf für Warmwasser wird nicht berücksichtigt (Nichtwohngebäude)

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)  
Heizung: BW-Kessel außen ... freie Lüftung - Energieträger: , [Erdgas], Strom

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 1,19$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 523.654 \text{ kWh/a}$  ( $56,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )  
Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 2.759 \text{ kWh/a}$  ( $0,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

---

### EnEV-Nachweis

vorh.  $Q_{p'} = 20,3 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  ( $583.469 \text{ kWh/a}$ , siehe Haustechnik)

Anforderungen an Nichtwohngebäude

$A/V = 0,27$

zulässig

vorhanden

---

|  |      |      |           |
|--|------|------|-----------|
| 1) $Q_{p'}$ [ $\text{kWh/m}^3\text{a}$ ] | 16,4 | 20,3 | (123,9 %) |
| 2) $H_{T'}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]   | 1,25 | 0,94 | (75,4 %)  |

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_{p'}$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Nichtwohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_{T'} = (\Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB}) / \Sigma A = 7.241 / 7.709 = 0,94$   
(DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_{T'}$  nach EnEV, A1, Tab.1 Fensterflächenanteil > 30%)

Nicht zulässig nach EnEV, Anhang 1.

---

### Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten  $4402 \text{ m}^2$  Fassadenflächen, davon  $1227 \text{ m}^2$  Wandflächen und  $3174 \text{ m}^2$  Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **72%**.

## Anlage 5: Z-Zwo: *Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004* zu Bericht: Kapitel 3.5

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs für die Vergleichsstudie

( gem. Abb. 2B.3.4.4.0.-8 des Berichtes)

Maßgebende Normen und Verordnungen:  
EnEV 2007

DIN V 18599, Teile 1 bis 10, energetische Bewertung von Gebäuden  
DIN V 4108-6:2003, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs  
DIN V 4108-2:2003, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz  
DIN V 4701-10:2003, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen  
DIN V 4701-12:2004, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen im Bestand  
DIN EN 832:2003, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude  
DIN EN ISO 6946:2003, Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient  
DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient  
DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich  
DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Z-Zwo Stuttgart

Nachweisverfahren **MB-V** nach EN 832 / DIN V 4108-6  
Monatsbilanzverfahren für neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Allgemeine Hinweise und Erläuterungen  
Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort "**Deutschland**", 50°,00' nördl. Breite, Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9\text{°C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.10)$

#### Wärmeverluste der thermischen Gebäudehülle

| Hüllfläche                 | A<br>[m <sup>2</sup> ] | U<br>[W/m <sup>2</sup> K] | F <sub>x</sub><br>[-] | Anmerkung | L <sub>D</sub><br>[W/K] |
|----------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|-------------------------|
| Dachflächen                |                        |                           |                       |           |                         |
| 1FD Flachdach              | 1352,2                 | 0,300                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 540,9                   |
| Fensterflächen             |                        |                           |                       |           |                         |
| 2FF Süd                    | 232,6                  | 1,500                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 372,2                   |
| 3FF Nord                   | 232,6                  | 1,500                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 372,2                   |
| 4FF Ost                    | 1354,6                 | 1,500                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 2167,4                  |
| 5FF West                   | 1354,6                 | 1,500                     | 1,00 F <sub>F</sub>   | 50 02     | 2167,4                  |
| opake Bauteile             |                        |                           |                       |           |                         |
| 6FAW Brüstung              | 1227,4                 | 0,300                     | 1,00 F <sub>AW</sub>  | 50        | 491,0                   |
| trennende Bauteile         |                        |                           |                       |           |                         |
| 7FTu Decke gegen TG        | 1047,5                 | 0,300                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 50        | 419,0                   |
| 8FTu Wand gegen TG ged.    | 255,9                  | 0,700                     | 0,50 F <sub>U</sub>   | 50 08     | 115,2                   |
| 9FTu Wand gegen TG         | 154,7                  | 0,700                     | 0,50 F <sub>U</sub>   | 50 08     | 69,6                    |
| 10FTu Tür                  | 12,7                   | 2,500                     | 0,50 F <sub>U</sub>   | 50 08     | 17,1                    |
| 11FTu Wand gegen unbeh. TH | 62,7                   | 0,700                     | 0,50 F <sub>U</sub>   | 50 08     | 28,2                    |



## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

### zu Bericht: Kapitel 3.5

|                             |       |         |                                  |          |         |
|-----------------------------|-------|---------|----------------------------------|----------|---------|
| 12FTu Decke gegen unbeh. TH | 17,0  | 0,300   | 0,50 F <sub>U</sub>              | 50 08    | 4,3     |
| Bauteile gegen AL           |       |         |                                  |          |         |
| 13ADL Decke nach oben       | 26,9  | 0,300   | 1,00 F <sub>D</sub>              | 50       | 10,8    |
| 14ADL Decke nach unten      | 44,8  | 0,350   | 1,00 F <sub>D</sub>              | 50       | 20,2    |
| Bauteile gegen Erdreich     |       |         |                                  |          |         |
| 15AWE Wand gegen Erde       | 191,2 | 0,700   | 0,60 F <sub>BW</sub>             | 50 25 13 | 99,4    |
| 16 FG Bodenplatte           | 141,7 | 0,700   | 0,35 F <sub>G</sub>              | 50 25 14 | 48,9    |
| <hr/>                       |       |         |                                  |          |         |
| $\Sigma A [m^2] =$          |       | 7.709,2 | $\Sigma L_D + H_U + L_S [W/K] =$ |          | 6.943,6 |

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 142 / 12 = 11,71 \text{ m}$  (DIN V 4108-6, E.3)

#### Anmerkungen

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 13 Wand des beheizten Kellers.
- 14 Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.
- 25 Fx-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 141,7 / 12,1 = 11,71$ .
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird ohne weiteren Nachweis pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/m<sup>2</sup>K berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \Sigma U_i \cdot A_i + H_U + L_S + H_{WB} + \Delta H_{T, FH} = \mathbf{6943,6 \text{ W/K}} \quad (0,90 \text{ W/m}^2\text{K})$$

#### Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

| Bezeichnung     | Volumenermittlung | V [m <sup>3</sup> ] |
|-----------------|-------------------|---------------------|
| 1 umbauter Raum | 28796,6           | 28796,6             |
| 2               |                   |                     |

|                          |                          |                       |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| Beheiztes Gebäudevolumen | $V_e =$                  | 28.797 m <sup>3</sup> |
| Gebäudenutzfläche        | $A_N = 0,32 \cdot V_e =$ | 9.215 m <sup>2</sup>  |
| beheiztes Luftvolumen    | $V_L = 0,80 \cdot V_e =$ | 23.037 m <sup>3</sup> |

#### Lüftungswärmeverluste

|             |   |
|-------------|---|
| Luftvolumen | Netto-Luftvolumen $V_N = V_L = 23037 \text{ m}^3$           |
| Lüftung     | freie Lüftung, Dichtheitsprüfung, $n = 0,60 \text{ h}^{-1}$ |

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0.34 \cdot n \cdot V_N = \mathbf{4699,6 \text{ W/K}}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Interne Wärmegewinne

Nutzfläche  $A_N = 0,32 * V = 9.215 \text{ m}^2$   
Wärmeleistung Bürogebäude (Anhang D.3),  $q_{i,M} = 6,0 \text{ W/m}^2$

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} * A_N = 55.289 \text{ W}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite  $50^\circ,00'$

| Kollektorfläche | A [m <sup>2</sup> ] |      | g <sub>L</sub> | F <sub>F</sub> | F <sub>C</sub> | F <sub>H</sub> | F <sub>O</sub> | F <sub>f</sub> | A <sub>s</sub> |
|-----------------|---------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fenster         |                     |      |                |                |                |                |                |                |                |
| 2FF Süd         | 232,6               | Süd  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 79,1           |
| 3FF Nord        | 232,6               | Nord | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 79,1           |
| 4FF Ost         | 1354,6              | Ost  | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 460,8          |
| 5FF West        | 1354,6              | West | 90°            | 0,60           | 0,70           |                | 0,90           |                | 460,8          |

$A_s [\text{m}^2] = A * 0,90 * g_L * F_F * F_C * F_s$  mit  $F_s = F_H * F_O * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)  
 $F_F$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_H$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_O$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,65; g<sub>L</sub> der Wärmeschutzverglasung

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_s$  wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

Strahlungsintensitäten  $I_s$  für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ]                    | Aug | Sep | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
|--|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| - 0°                                   | 179 | 135 | 75    | 39    | 22    | 33    | 52    | 82    | 190    |
| Süd 90°                                | 112 | 115 | 81    | 54    | 33    | 56    | 61    | 80    | 137    |
| West 90°                               | 115 | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Nord 90°                               | 70  | 48  | 33    | 18    | 10    | 14    | 23    | 34    | 64     |
| Ost 90°                                | 115 | 90  | 51    | 28    | 15    | 25    | 37    | 53    | 125    |
| Kollektorfläche                        |     |     | Okt   | Nov   | Dez   | Jan   | Feb   | Mrz   | Apr    |
| Fenster                                |     |     |       |       |       |       |       |       |        |
| 2FF Süd                                |     |     | 6410  | 4273  | 2612  | 4432  | 4827  | 6331  | 10842  |
| 3FF Nord                               |     |     | 2612  | 1424  | 791   | 1108  | 1820  | 2691  | 5065   |
| 4FF Ost                                |     |     | 23503 | 12904 | 6913  | 11521 | 17051 | 24425 | 57605  |
| 5FF West                               |     |     | 23503 | 12904 | 6913  | 11521 | 17051 | 24425 | 57605  |
| solare Wärmeströme $\Sigma \Phi_s$ [W] |     |     | 56028 | 31505 | 17228 | 28582 | 40750 | 57871 | 131117 |
| $\Sigma \Phi_s * t$ [kWh]              |     |     | 41684 | 22684 | 12818 | 21265 | 27384 | 43056 | 94404  |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Wirksame Wärmespeicherfähigkeit

Vereinfachter Ansatz für schwere Gebäude mit massiven Innen- und Außenbauteilen ohne untergehängte Decken 50 Wh/m³K

$$c_{\text{wirk}} = 50,0 \text{ [Wh/m}^3\text{K]}, \quad c_{\text{wirk}} \cdot V_e = 1.439.830 \text{ [Wh/K]}$$

$$\text{Parameter } a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H \cdot 16) = 1 + 89989 / H \text{ (Gl.75, monatlich)}$$

### Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{\text{isb}} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{\text{pp}} = 2.375.044$  W (manuell)

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 46075$  W, Luftwechselrate  $n = 0,50$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk,Heizunterbrechung}} = 12,0 \cdot V_e = 345.559$  Wh/K

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{\text{inh}}$<br>°C | $\theta_{\text{il}}$<br>°C | $t_{\text{nh}}$<br>h | $t_{\text{sb}}$<br>h | $t_{\text{bh}}$<br>h | $\theta_{\text{co}}$<br>°C | $\theta_{\text{c1}}$<br>°C | $\theta_{\text{c2}}$<br>°C | $\theta_{\text{c3}}$<br>°C | $\Delta Q_{\text{ilj}}$<br>kWh | $\Delta Q_{\text{il}}$<br>kWh |
|-----|------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Jan | -1,3             | -1,3                        | 14,5                       | 6,0                  | 1,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 15,6                       | 15,3                       | 15,3                       | 201,4                          | 6245                          |
| Feb | 0,6              | 0,6                         | 14,9                       | 6,8                  | 0,2                  | 0,0                  | 19,0                       | 15,5                       | 15,5                       | 15,5                       | 185,0                          | 5179                          |
| Mär | 4,1              | 4,1                         | 15,7                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 16,1                       | 16,1                       | 16,1                       | 149,8                          | 4644                          |
| Apr | 9,5              | 9,5                         | 16,9                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 17,2                       | 17,2                       | 17,2                       | 95,5                           | 2866                          |
| Mai | 12,9             | 12,9                        | 17,7                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 17,8                       | 17,8                       | 17,8                       | 61,3                           | 1901                          |
| Jun | 15,7             | 15,7                        | 18,3                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 18,4                       | 18,4                       | 18,4                       | 33,2                           | 995                           |
| Jul | 18,0             | 18,0                        | 18,8                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 18,8                       | 18,8                       | 18,8                       | 10,1                           | 312                           |
| Aug | 18,3             | 18,3                        | 18,8                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 18,9                       | 18,9                       | 18,9                       | 7,0                            | 218                           |
| Sep | 14,4             | 14,4                        | 18,0                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 18,1                       | 18,1                       | 18,1                       | 46,3                           | 1388                          |
| Okt | 9,1              | 9,1                         | 16,8                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 17,1                       | 17,1                       | 17,1                       | 99,5                           | 3086                          |
| Nov | 4,7              | 4,7                         | 15,8                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 16,3                       | 16,3                       | 16,3                       | 143,8                          | 4314                          |
| Dez | 1,3              | 1,3                         | 15,1                       | 7,0                  | 0,0                  | 0,0                  | 19,0                       | 15,6                       | 15,6                       | 15,6                       | 178,0                          | 5517                          |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung, Parameter manuell

$$\Delta Q_{\text{ij}} = H_{\text{sb}} \cdot [(\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{inh}}) \cdot t_{\text{nh}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{sb}}) \cdot t_{\text{isb}} + (\theta_{\text{io}} - \theta_{\text{ip}}) \cdot t_{\text{bh}}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{\text{co}} - \theta_{\text{c1}} + \theta_{\text{c2}} - \theta_{\text{c3}})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{\text{il}} = \Delta Q_{\text{ij}} \cdot \dots$  Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{\text{NA}} = \Sigma \Delta Q_{\text{il}} = 36664,5$  kWh/a

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0,34 \cdot 0,50 \cdot V_L = 3.916$  W/K

$H_{\text{sb}}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 10.860$  W/K

$H_{\text{ic}}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 \cdot AN / 0,13 = 283.536$  W/K

$H_W$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m²)

$$H_W = 346,2 + 383,8 + 383,8 + 2235,1 + 2235,1 + 439,4 + 223,1 + 66,5 + 231,0 + 16,5 + 15,8 + 4,2 + 6,9 + 15,9 + 50,5 + 29,1 = 6.683 \text{ W/K}$$

$H_{\text{ce}}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{\text{ce}} = H_{\text{ic}} \cdot (H_{\text{sb}} - H_W - H_V) / (H_{\text{ic}} - H_{\text{sb}} + H_W + H_V) = 261 \text{ W/K}$$

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{\text{ic}} / (H_{\text{ic}} + H_{\text{ce}}) = 1,00$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{\text{ic}} / (H_{\text{ic}} + H_W + H_V) = 1,00$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{\text{sb}}) = 32,98$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta \cdot C / (H_{\text{ce}} + H_{\text{ic}}) = 1,22$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{\text{inh}}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e \cdot \Phi_{\text{rp}} / H_{\text{sb}}$ )

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

### zu Bericht: Kapitel 3.5

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \zeta^*(\theta_{co} - \theta_{cnh}) * \exp(r_{Div}(-t_{nh} / \tau_p))$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta^*(\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

### Heizwärmebedarf

Transmissionsverluste

$$Q_t = (\Sigma L_D) * \Delta T * d - \Delta Q_{ij}$$

Transmissionswärmeverluste

$$\Sigma L_D = 6944 \text{ W/K}$$

Heizunterbrechung

$\Delta Q_{ij}$  monatlich

Lüftungswärmeverluste

$$H_V = 4700 \text{ W/K}$$

Interne Gewinne

$$\Phi_{i,M} = 55289 \text{ W}$$

Solare Gewinne

$\Phi_S$  [W] (monatlich)

Ausnutzungsgrad

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad (a \text{ sh. } c_{\text{wirk}})$$

$$\gamma = Q_g / Q_i \text{ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5)}$$

|     | $t_A$<br>[°C] | $Q_t$<br>[kWh] | $H_V * \Delta T * d$<br>[kWh] | $\Phi_{i,M} * d * \eta$<br>[kWh] | $\Phi_S * d * \eta$<br>[kWh] | $\eta$ | $Q_h$<br>[kWh] |
|-----|---------------|----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------|----------------|
| Jan | -1,3          | 98.626         | 70.979                        | 41.131                           | 21.263                       | 1,00   | 107.211        |
| Feb | 0,6           | 80.678         | 58.110                        | 37.130                           | 27.366                       | 1,00   | 74.292         |
| Mär | 4,1           | 72.330         | 52.098                        | 40.686                           | 42.585                       | 0,99   | 41.157         |
| Apr | 9,5           | 44.629         | 32.145                        | 22.697                           | 53.825                       | 0,57   | 252            |
| Mai | 12,9          | 29.612         | 21.329                        | 14.679                           | 36.257                       | 0,36   | 4              |
| Jun | 15,7          | 15.503         | 11.166                        | 6.966                            | 19.703                       | 0,17   | 0              |
| Jul | 18,0          | 4.854          | 3.497                         | 2.121                            | 6.230                        | 0,05   | 0              |
| Aug | 18,3          | 3.398          | 2.448                         | 1.840                            | 4.006                        | 0,04   | 0              |
| Sep | 14,4          | 21.610         | 15.565                        | 13.598                           | 23.574                       | 0,34   | 2              |
| Okt | 9,1           | 48.058         | 34.615                        | 36.874                           | 37.367                       | 0,90   | 8.432          |
| Nov | 4,7           | 67.178         | 48.387                        | 39.723                           | 22.635                       | 1,00   | 53.207         |
| Dez | 1,3           | 85.922         | 61.888                        | 41.131                           | 12.817                       | 1,00   | 93.862         |
|     | 8,9           | 572.396        | 412.227                       | 298.576                          | 307.627                      |        | 378.420        |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 378.420 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 41,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Heizzeit vom 9.11. bis 4.4. (146 Tage, Gl.27)

erforderliche Heizleistung, Richtwert 505 kW

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (6943,6) * 20,3 * 31 * 24 / 1000 - 6244,7 = 98625,9 \text{ kWh}$$

$$H_V * \Delta T * d = 4699,6 * 20,3 * 31 * 24 / 1000 = 70979,0 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} * d = 55289,5 * 31 * 24 / 1000 = 41135,4 \text{ kWh}$$

$$\Phi_S * d = 28581,7 * 31 * 24 / 1000 = 21264,8 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (41135,4 + 21264,8) / (98626,1 + 70979,1) = 0,37 \quad a = 1 + 1439830 / (6943,6 + 4699,6) / 16 = 8,73$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 1,000 \sim 0,999 \sim 0,989 \sim 0,570 \sim 0,357 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

## Anlage 5: Z-Zwo: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

Ein Wärmebedarf für Warmwasser wird nicht berücksichtigt (Nichtwohngebäude)

### Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)  
 Heizung: BW-Kessel außen ... freie Lüftung - Energieträger: , [Erdgas], Strom

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 1,23$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 416.005 \text{ kWh/a}$  (45,1 kWh/m<sup>2</sup>a)  
 Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 2.759 \text{ kWh/a}$  ( 0,3 kWh/m<sup>2</sup>a)

### EnEV-Nachweis

vorh.  $Q_{P'} = 16,1 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  (465.055 kWh/a, siehe Haustechnik)

Anforderungen an Nichtwohngebäude

| A/V = 0,27 (0,27)                  | zulässig | vorhanden     |
|------------------------------------|----------|---------------|
| 1) $Q_{P'}$ [kWh/m <sup>3</sup> a] | 16,4     | 16,1 (98,8 %) |
| 2) $H_{T'}$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 1,25     | 0,90 (72,3 %) |

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_{P'}$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Nichtwohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_{T'} = (\Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB}) / \Sigma A = 6.944 / 7.709 = 0,90$   
 (DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_{T'}$  nach EnEV, A1, Tab.1 Fensterflächenanteil > 30%)

**Erfüllt die EnEV, Anhang 1.**

### Fensterflächenanteil

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 4402 m<sup>2</sup> Fassadenflächen, davon 1227 m<sup>2</sup> Wandflächen und 3174 m<sup>2</sup> Fensterflächen. Der Fensterflächenanteil beträgt **72%**.

**Anlage 1:** *DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

# Eingabeprotokoll

IBP18599 - DIN V 18599

Neubau

**Objekt:**

DVA - Neckarstraße

Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart

**Erstellt am:**

07.05.2009

|                                |                   |
|--------------------------------|-------------------|
| <b>Eigentümer/Auftraggeber</b> | <b>Aussteller</b> |
|                                |                   |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |
|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b><br>Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart |
|--|

**1. Projektdaten**

**1.1. Objekt**

|                  |   |  |                  |  |
|------------------|---|--|------------------|--|
| Objektname(1-3): | DVA - Neckarstraße<br>Handelsregister Stadt Stuttgart |  |                  |  |
| Objektadresse:   | Neckarstraße 121<br>70190 Stuttgart                   |  |                  |  |
| Objektteil:      | Gemarkung:  |  | Flurstücknummer: |  |
| Informationen:   |   |  |                  |  |

**1.2. Eigentümer**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

**1.3. Architekt**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

**1.4. Bearbeiter**

|                 |        |  |         |  |
|-----------------|--------|--|---------|--|
| Name(1-3)       |        |  |         |  |
| Adresse:        |        |  |         |  |
| Telefonnummern: | priv.: |  | mobil:  |  |
| Faxnummern:     | priv.: |  |         |  |
| Internet:       |        |  | E-Mail: |  |
| Informationen:  |        |  |         |  |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**2. Gebäudedaten**

**2.1. Randbedingungen Gebäude**

|                                   |                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Gebäudetyp:                       | Neubau                            |
| Klimazone:                        | Referenzklima Deutschland         |
| Primärenergiefaktoren bezogen auf | nur den nicht erneuerbaren Anteil |

**2.2. Geometrie Gebäude**

|  |           |
|--|-----------|
| Baujahr  | 1960      |
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 6.142,14  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 6.415,05  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 22.952,20 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 17.773,60 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00      |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 7         |
| charakteristische Länge[m]:                    | 67,50     |
| charakteristische Breite[m]:                   | 14,80     |

**2.3. Physikalische Randbedingungen für die Berechnung des stationären Leitwerts**

Randbedingungen des Gebäudes für die Berechnung der Wärmeübertragung über das Erdreich gemäß DIN EN ISO 13370. Bei der Berechnung ausschließlich mit Temperaturkorrekturfaktoren sind hier keine Angaben notwendig.

|   |                 |
|---|-----------------|
| Wärmetechnisch Eigenschaften Erdreich                     | Sand oder Kies  |
| Wärmeleitfähigkeit Erdreich[W/(m K)]                      | 2,00            |
| volumenbez. Wärmekapazität Erdreich[J/(m <sup>3</sup> K)] | 2.000.000,00    |
| mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe[m/s]            | 4,00            |
| Lage Windabschirmung                                      | geschützte Lage |
| Windabschirmfaktor[-]                                     | 0,02            |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug  
Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |      |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |      |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |      |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h·m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 4   | 8   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                             |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:       | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 512,22                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 12,35        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : EG AW1</b>  | 86,86       | 60,38      | 0,30   |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |             |            |        |
| <b>Fenster : Fenster EG</b>  | 26,48       | 26,48      | 1,50   |
| Einzelfläche: 26,48 Anzahl:1 Gesamtfläche: 26,48   |             |            |        |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] : (26,48)   |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers.SA [-]: 0,15  |             |            |        |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>   | 115,47      | 62,25      | 0,30   |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |             |            |        |
| <b>Fenster : Fenster 01.OG</b>   | 53,22       | 53,22      | 1,50   |
| Einzelfläche: 53,22 Anzahl:1 Gesamtfläche: 53,22   |             |            |        |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] : (53,22)   |             |            |        |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |             |            |        |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |             |            |        |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |             |            |        |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers.SA [-]: 0,15  |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW4</b>   | 14,72  | 14,72 | 0,36 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>   | 130,50 | 65,64 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 02.OG</b>   | 64,86  | 64,86 | 1,50 |
| Einzelfläche: 64,86 Anzahl:1 Gesamtfläche: 64,86   |        |       |      |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] : (64,86)   |        |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |        |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |        |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |        |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OGI AW4</b>  | 17,27  | 17,27 | 0,36 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : EG FD6 Flachdach über Anbau hofseitig</b>   | 86,17  | 86,17 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <p><b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b></p> <p>Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart</p> |
|---|

**4.2. Zonendaten der Zone Zone2 Büro RLT**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIKK}/A_{INSE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                        | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RLT<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 764,26   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 739,78   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 2.739,90 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.052,00 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,15     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 3        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug  
Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h·m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 4   | 8   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzenebene [m]                 | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 4.846,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 4.846,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 764,26                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 15,60                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : AW3 über alle Stockwerke</b>                                | 46,58       | 46,58      | 0,37   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich          |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²]:  |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                  |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja_Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Außenwand : EG AW5 Brüstung Neckarstraße</b>                            | 128,47      | 83,88      | 0,19   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich        |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²]:  |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                  |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja_Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster EG</b>   | 1,94   | 44,59  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,94 Anzahl:23 Gesamtfläche: 44,59<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1000$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2 Außenwand</b>  | 235,73 | 164,04 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 01.OG</b>  | 2,31   | 71,69  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,31 Anzahl:31 Gesamtfläche: 71,69<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1000$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2 Außenwand</b>  | 212,04 | 131,10 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 02.OG</b>  | 2,31   | 80,94  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,31 Anzahl:35 Gesamtfläche: 80,94<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}: 0,6000$ $g_{tot.}: 0,1000$<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Innendecke : FuD2 gegen Technik unbhzt</b>   | 116,96 | 116,96 | 0,61 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |
|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b><br>Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart |
|--|

**4.3. Zonendaten der Zone Zone3 Büro RLT/Kälte**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{INGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: Beheizung und Kühlung<br>RLT Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 918,45   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 1.080,45 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 3.070,80 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.456,60 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,15     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 2        |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| täglich Nutzungszeit [Uhr]                         | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| täglich Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]        | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| täglich Betriebszeit Heizung [Uhr]                 | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 4   | 8   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |        |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|--------|------|
|                           |                                | tief             | mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                | 5      | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                | 7      | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:                           | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 7.323,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 7.323,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 918,45                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 12,60                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : 03.OG AW3 Hofseite</b>                                       | 20,65       | 20,65      | 0,37   |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk         |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Außenwand : 04.OG AW3 Hofseite</b>                                       | 16,85       | 16,85      | 0,37   |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk         |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |        |       |      |
|--|--------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2 Hofseite</b>  | 124,63 | 53,52 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29   | 71,11 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:31 Gesamtfläche: 71,11   |        |       |      |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |        |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |        |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |        |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2 Hofseite</b>  | 129,59 | 73,79 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,23   | 55,80 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:25 Gesamtfläche: 55,80   |        |       |      |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |        |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |        |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |        |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2 Neckarstraße</b>  | 157,17 | 97,53 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29   | 59,64 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:26 Gesamtfläche: 59,64   |        |       |      |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal  |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |        |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |        |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |        |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |        |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2 Neckarstraße</b>  | 144,94 | 89,14 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich   |        |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |        |       |      |
| Aufb: -  |        |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |        |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |        |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |        |        |      |
|--|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,23   | 55,80  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:25 Gesamtfläche: 55,80<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{\text{senkr.}}$ : 0,6000 $g_{\text{tot}}$ : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW3 Neckarstraße</b>  | 17,32  | 17,32  | 0,37 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2 Neckarstraße süd</b>  | 17,10  | 17,10  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 03.OG FD1/FD2</b>   | 140,68 | 140,68 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG FD1/FD2</b>   | 311,52 | 311,52 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <p><b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b></p> <p>Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart</p> |
|---|

**4.4. Zonendaten der Zone Zone4 Besprechung RLT 1.OG**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{NGE}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                          | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RLT<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |        |
|--|--------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 44,04  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 97,31  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 160,40 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 117,20 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00   |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 1      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 4 Besprechung, Sitzung, Seminar

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 20  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 15  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 5   | 7   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 10  | 15  |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 4      | 3      | 2    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18                       | 24                 | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                        | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:                           | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 238,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 238,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 44,04                 |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 15,80                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : 01.OG AW3 Neckarstraße</b>                                   | 3,89        | 3,89       | 0,37   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²]:   |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2 Neckarstraße</b>                                   | 26,13       | 14,66      | 0,30   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²]:   |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



## Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 11,47 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:5 Gesamtfläche: 11,47  |       |       |      |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000   |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2 Durchfahrt seitlich</b>   | 16,38 | 16,38 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Decke zu Außenluft : 01.OG ABL1 Decke gegen Außenluft nach unten</b>  | 50,91 | 50,91 | 0,26 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |

### Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude

Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart

#### 4.5. Zonendaten der Zone Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG

##### Randbedingungen der Zone

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>NGE</sub> [Wh/m²K]:                     | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: Beheizung und Kühlung<br>RLT Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

##### Geometrie der Zone

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 84,37  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 152,70 |
| Bruttovolumen[m³]:                | 282,40 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 225,90 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00   |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 2      |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 4 Besprechung, Sitzung, Seminar

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 20  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 15  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 5   | 7   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 10  | 15  |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 4      | 3      | 2    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |                    |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|--------------------|------|
|                           |                                | tief             | Leistung<br>mittel | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18               | 24                 | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                | 2                  | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 559,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 559,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 84,37                 |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 14,55        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : 03.OG AW3 Neckarstraße</b>                                   | 2,59        | 2,59       | 0,37   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2 Neckarstraße</b>                                   | 20,91       | 11,73      | 0,30   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,29  | 9,18  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:4 Gesamtfläche: 9,18<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2 nordost</b>  | 18,53 | 18,53 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2 Neckarstraße</b>   | 35,22 | 20,89 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster</b>  | 2,23  | 11,16 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:5 Gesamtfläche: 11,16<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Fenster : Balkontüre</b>   | 3,17  | 3,17  | 1,50 |
| Einzelfläche: 3,17 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,17<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m <sup>2</sup> K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG seitr. Durchfahrt</b>  | 10,23 | 10,23 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 03.OG FD1/FD2</b>  | 25,80 | 25,80 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>                                    |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG FD1/FD2</b>   | 39,42 | 39,42 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                          |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |       |      |

**4.6. Zonendaten der Zone Zone6 Server/Kopierer**

**Randbedingungen der Zone**

|   |   |
|---|---|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone   |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>NGF</sub> [Wh/m <sup>2</sup> K]:        | 50  |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja  |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung   |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung   |

**Geometrie der Zone**

|  |        |
|--|--------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 54,36  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 51,19  |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 185,30 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 148,20 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,15   |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 3      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 21 Serverraum, Rechenzentrum

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 0   |     | 24   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 365  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     |     | 4407 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 4353 |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 0   |     | 24   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 365  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 0   |     | 24   |

**Raumkonditionen**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h·m²)]                | 1,3 |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 0   | 0   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,96 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,5  |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 40     | 30     | 20   |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |      | Leistung |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|------|----------|------|
|                           |                                | tief             | hoch | mittel   | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 2                | 2,5  | 2,5      | 4    |
| Arbeitshilfen             | 12                             | 50               | 150  | 150      | 500  |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen                             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 206,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 206,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 54,36                 |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 11,18                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>  | 16,82       | 9,94       | 0,30   |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich          |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |      |      |
|--|-------|------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 6,88 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:3 Gesamtfläche: 6,88<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW3</b>   | 0,65  | 0,65 | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 5,85  | 3,56 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 2,29 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,29<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |
| <b>Außenwand : 04. OG AW3</b>  | 1,30  | 1,30 | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>   | 10,54 | 5,92 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,31  | 4,63 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,31 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,63<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>                       |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG FD1/FD2</b>                                | 16,03 | 16,03 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²]:   |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**4.7. Zonendaten der Zone Zone7 Technikräume**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>verf</sub> [Wh/m²K]:                    | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: keine Heizung und<br>Kühlung RLT Systeme: Keine<br>Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | nein   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 305,82   |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 0,00     |
| Bruttovolumen[m³]:                | 1.219,90 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 781,80   |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 2        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,36 |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 20 Lager, Technik, Archiv

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |      |     |
|---|------|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0    |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 0,15 |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min  | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0    | 0   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 0    | 0   |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 1    |
| relative Abwesenheit                     | 0,98 |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 305,82                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 5,34         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil  | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|--|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 02.UG AWE Außenwand gegen Erdreich</b> | 66,49       | 66,49      | 3,49   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40              |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 32,32                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Kellerboden : 02.UG BoP11 Bodenplatte</b>                                 | 107,38      | 107,38     | 3,22   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,30              |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 52,20                           |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE Außenwand gegen Erdreich</b> | 17,30       | 17,30      | 3,49   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40              |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 8,41                            |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Außenwand : 01.UG AW5 Außenwand Brüstung EG</b>                           | 17,69       | 17,69      | 0,19   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung: Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |
| <b>Außenwand : 05.0G AW2 Außenwand</b>                                       | 67,43       | 61,50      | 0,30   |
| Ausr.: Süd-West Neigung: Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :   |             |            |        |
| Aufb: -  |             |            |        |
| Fx wird berechnet: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 2</b>  | 2,03   | 2,03   | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,03 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,03<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Tür : Tür 3</b>  | 2,03   | 2,03   | 2,00 |
| Ausr.: Süd-West Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : 05.OG AW6 Außenwand Lüftungszentrale</b>   | 157,32 | 153,14 | 0,32 |
| Ausr.: Süd Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Tür : Türe Lüftungszentrale</b>  | 4,18   | 4,18   | 1,50 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 05.OG FD1/FD2 Flachdach</b>  | 32,86  | 32,86  | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 05.OG FD4 Flachdach Lüftungszentrale</b>   | 116,96 | 116,96 | 0,32 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW2 Außenwand</b>  | 20,52  | 18,75  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 1,77  | 1,77  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,77 Anzahl:1 Gesamfläche: 1,77<br>Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Innenwand : FuW1</b>   | 72,81 | 72,81 | 2,75 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : FuW1</b>   | 89,40 | 89,40 | 2,75 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**4.8. Zonendaten der Zone Zone8 Sanitär/WC/ Putzräume**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>NGE</sub> [Wh/m²K]:                     | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Einfaches Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 143,97 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 336,86 |
| Bruttovolumen[m³]:                | 685,40 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 380,00 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00   |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 1      |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Perimeter (Umfang) [m]:                                  | 0,00 |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,30 |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 16 WC und Sanitärräume in Nichtwohngebäuden

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug  
 Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |     | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |     | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |     | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0   |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 15  |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 0   | 0   |

**Beleuchtung**

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 200 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8 |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,9 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:                           | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Reine Abluftanlage                                     |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 0,00   |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen                             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 0,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 960,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 143,97                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 200,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 12,16                 |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE</b>                         | 11,09       | 11,09      | 3,49   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 7,90                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Kellerboden : 01.UG BoP1</b>   | 25,26 | 25,26 | 3,22 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,25<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 17,99<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Boden gegen Erdreich : 01.UG FDo1</b>  | 7,60  | 7,60  | 3,89 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,45<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 25,58<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>   | 6,52  | 4,03  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,49  | 2,49  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,49 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,49<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>   | 20,95 | 20,34 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 0,61  | 0,61  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,61 Anzahl:1 Gesamtfläche: 0,61<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>   | 15,97 | 15,97 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>  | 18,55 | 13,97 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 2,29  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,29<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 2</b>   | 1,14  | 2,28  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,14 Anzahl:2 Gesamtfläche: 2,28<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>   | 12,25 | 11,45 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 0,40  | 0,80  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,40 Anzahl:2 Gesamtfläche: 0,80<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>   | 15,44 | 15,44 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>   | 12,79 | 10,51 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 1,14  | 2,28  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,14 Anzahl:2 Gesamtfläche: 2,28<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>   | 11,21 | 10,41 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 0,40  | 0,80  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,40 Anzahl:2 Gesamtfläche: 0,80   |       |       |      |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>   | 15,44 | 15,44 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 12,79 | 10,51 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 1,14  | 2,28  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,14 Anzahl:2 Gesamtfläche: 2,28   |       |       |      |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 11,21 | 10,41 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 0,40  | 0,80  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,40 Anzahl:2 Gesamtfläche: 0,80   |       |       |      |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 15,44 | 15,44 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 1,14  | 2,28  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,14 Anzahl:2 Gesamtfläche: 2,28<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>   | 11,21 | 10,41 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 0,40  | 0,80  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,40 Anzahl:2 Gesamtfläche: 0,80<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>   | 18,36 | 11,59 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,26  | 6,77  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,26 Anzahl:3 Gesamtfläche: 6,77<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>   | 21,22 | 20,61 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 0,61  | 0,61  | 1,50 |
| Einzelfläche: 0,61 Anzahl:1 Gesamtfläche: 0,61<br>Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |  |  |  |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |  |  |  |

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG FD1/FD2</b>                                | 31,25 | 31,25 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 03.OG FD1/FD2</b>                                | 21,31 | 21,31 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : EG FD6 Flachdach Anbau EG</b>                    | 8,21  | 8,21  | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

**4.9. Zonendaten der Zone Zone9 Teeküchen**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | leichte Gebäudezone  |
| C <sub>WIK</sub> /A <sub>INGE</sub> [Wh/m²K]:                     | 50   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und<br>Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 85,58  |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 113,11 |
| Bruttovolumen[m³]:                | 319,30 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 229,90 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,15   |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 5      |

## Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 17 Sonstige Aufenthaltsräume

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   |     | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   |     | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   |     | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |   |
|---|-----|-----|---|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] |     |     | 0 |
| flächenbezogen [m³/(h·m²)]                |     |     | 7 |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |   |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   |     | 0 |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 0   |     | 0 |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 300  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,93 |
| relative Abwesenheit                     | 0,5  |
| Raumindex                                | 1,25 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 4      | 3      | 2    |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische |      |
|---------------------------|--------------------------------|------------------|------|
|                           |                                | tief             | hoch |
| Personen (70 W je Person) | 4                              | 18               | 35   |
| Arbeitshilfen             | 4                              | 1                | 3    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 631,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 631,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 85,58                 |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 300,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,25                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,25                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 9,30         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : EG AW5</b>   | 10,65       | 6,01       | 0,19   |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung;Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk           |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |      |      |
|---|-------|------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,32  | 4,64 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,32 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,64<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW3</b>  | 1,94  | 1,94 | 0,37 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>  | 14,12 | 7,24 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,29  | 6,88 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:3 Gesamtfläche: 6,88<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW3</b>  | 1,30  | 1,30 | 0,37 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>  | 9,01  | 4,42 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,29  | 4,59 | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,59<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |      |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW3</b>  | 2,84  | 2,84 | 0,37 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |      |      |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 9,18  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:4 Gesamtfläche: 9,18<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}$ : 0,6000 $g_{tot}$ : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 03.OG FD1/FD2</b>   | 17,00 | 17,00 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>   | 17,41 | 9,65  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 4,59  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,59<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}$ : 0,6000 $g_{tot}$ : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 2</b>   | 3,17  | 3,17  | 1,50 |
| Einzelfläche: 3,17 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,17<br>Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>$g_{senkr.}$ : 0,6000 $g_{tot}$ : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG FD1/FD2</b>   | 19,58 | 19,58 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert $L_s$ [W/K] : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**4.10. Zonendaten der Zone Zone10 Akten/Registratur**

**Randbedingungen der Zone**

|   |   |
|---|---|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone   |
| $C_{WIK}/A_{VNGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                         | 90  |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja  |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung   |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung   |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.956,09 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 2.675,19 |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 8.043,10 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 6.744,20 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 2,82     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 3        |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 30 Bibliothek . Magazin und Depot

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis |      |
|--|-----|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 8   |     | 20   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     |     | 300  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit[h/a]         |     |     | 2999 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     |     | 601  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 6   |     | 20   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     |     | 300  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 6   |     | 20   |

**Raumkonditionen**

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0   |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 3   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0   | 0   |
| Luftwechsel nur Luft[1/h]                 | 3   | 12  |

**Beleuchtung**

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8 |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,9 |
| Raumindex                                | 1,5 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:                           | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 7.710,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 7.710,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 1.956,09              |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |
| Bezeichnung:                             | Kunstlicht 1          |
| Berechnungsmodus:                        | Fachplanung           |
| installierte Leistung[W/m²]:             | 7,92                  |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerboden : 02.UG BoP11</b>  | 1.262,83    | 1.262,83   | 3,22   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,25             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 523,88                         |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,10 |             |            |        |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>                       |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |        |        |      |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 02.UG AWE</b>                         | 425,55 | 425,55 | 3,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 176,54                         |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Boden gegen Erdreich : 02.UG FDo1 Decke gegen Erdreich</b>               | 96,92  | 96,92  | 3,89 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,45             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 326,25                         |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 02.UG AW7 Keller gegen Lichtschacht</b>                      | 116,58 | 116,58 | 0,63 |
| Ausr.: Nord Neigung: Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich             |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berechnet: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : 02.UG FD5</b>                                       | 83,38  | 83,38  | 0,67 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW5</b>  | 22,34  | 22,34  | 0,19 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung: Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich          |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berechnet: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW7 Kellerwand gegen Lichtschacht</b>                  | 15,20  | 15,20  | 0,63 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung: Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich        |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berechnet: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                  |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE</b>                         | 10,64  | 10,64  | 3,49 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 4,41                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |
| <b>Decke zu Außenluft : 01.UG FD5</b>                                       | 38,00  | 38,00  | 0,67 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00             |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                           |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |        |        |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>   | 157,92 | 101,38 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 1,35   | 25,58  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,35 Anzahl:19 Gesamtfläche: 25,58<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 2</b>  | 1,27   | 25,50  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,27 Anzahl:20 Gesamtfläche: 25,50<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |        |        |      |
| <b>Tür : Türe</b>   | 5,46   | 5,46   | 2,00 |
| Ausr.: Nord-West Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] : (5,46)<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>   | 10,00  | 8,65   | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 1,35   | 1,35   | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,35 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,35<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15    |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : EG FD6 Flachdach Anbau EG</b>  | 291,64 | 291,64 | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>                                    |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Innendecke : FuD1 (für alle Zonen)</b>  | 71,38 | 71,38 | 0,38 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m <sup>2</sup> ] :  |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,80                            |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m <sup>2</sup> K]: 0,00 |       |       |      |

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |  |
|---|--|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |  |

**4.11. Zonendaten der Zone Zone11 Verkehrsflächen**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone  |
| C <sub>wirk</sub> /A <sub>NGE</sub> [Wh/m <sup>2</sup> K]:        | 90   |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Keine Luftaufbereitung |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |          |
|--|----------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 1.030,53 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 674,25   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 3.603,40 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 2.614,70 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,00     |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 7        |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Perimeter (Umfang) [m]:                                  | 0,00 |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,30 |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 19 Verkehrsflächen

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 0       |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 0 0     |

**Beleuchtung**

|  |     |
|--|-----|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100 |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0   |
| Minderungsfaktor                         | 1   |
| relative Abwesenheit                     | 0,8 |
| Raumindex                                | 0,8 |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1   |

**Personenbelegung**

|                          | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| maximale Belegungsdichte |        |        |      |
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Fensterlüftung                           |                             |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:       | mit Fenster und Durchlässen |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:    | nein                        |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:         | mittlere Abschirmung        |
| Einstufung der Gebäudedichtheit:         | Alle sonstigen Gebäude      |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]: | 6,00                        |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 1.030,53              |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,80                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,80                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 9,86         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerboden : 02.UG BoP11</b>  | 71,09       | 71,09      | 3,22   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,25             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 60,21                         |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erreich : 02.UG AWE</b>                          | 4,22        | 4,22       | 3,49   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 3,57                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Innenwand : 02.UG FuW1 gegen unbeheizt Zone7</b>                         | 39,97       | 39,97      | 2,74   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,65               |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 0,00                          |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |
| <b>Kellerboden : 01.UG BoP11</b>  | 14,54       | 14,54      | 3,22   |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,25             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 12,31                         |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE</b>  | 13,79 | 13,79 | 3,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 11,68<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Boden gegen Erdreich : 01.UG Fdo1 Decke gegen Erdeich</b>   | 14,54 | 14,54 | 3,89 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,45<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 48,94<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Innenwand : 01.UG FuW1 gegen unbeheizt Zone7</b>  | 49,23 | 49,23 | 2,74 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,65<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>  | 17,84 | 10,63 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 2,29  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,29<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 2</b>   | 1,27  | 1,27  | 1,50 |
| Einzelfläche: 1,27 Anzahl:1 Gesamtfläche: 1,27<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Tür : Tür Treppe Lager</b>  | 3,64  | 3,64  | 2,00 |
| Ausr.: Nord-West Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²]:<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>  | 19,81 | 13,08 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 3,09  | 3,09  | 1,50 |
| Einzelfläche: 3,09 Anzahl:1 Gesamtfläche: 3,09<br>Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>entr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Tür : Tür Nebeneingang</b>  | 3,64  | 3,64  | 2,00 |
| Ausr.: Süd-West Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>  | 33,97 | 13,69 | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Tür : Haupteingangstüre</b>   | 13,53 | 13,53 | 1,50 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Tür : Eingang Ost</b>   | 6,75  | 6,75  | 1,50 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung: Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW8 Glasbausteine</b>  | 6,78  | 6,78  | 3,50 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW2</b>   | 3,79  | 1,50  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,29  | 2,29  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,29<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW8 Glasbausteine</b>  | 11,03 | 11,03 | 3,50 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW8 Glasbausteine</b>  | 6,78  | 6,78  | 3,50 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.OG AW3</b>  | 0,65  | 0,65  | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>  | 8,82  | 4,36  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,23  | 4,46  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,46<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW3</b>  | 1,26  | 1,26  | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>  | 3,37  | 3,37  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW8 Glasbausteine</b>   | 11,03 | 11,03 | 3,50 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW2</b>   | 3,37  | 3,37  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 02.OG AW8 Glasbausteine</b>   | 7,12  | 7,12  | 3,50 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 8,82  | 4,36  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,23  | 4,46  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,46   |       |       |      |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW3</b>   | 1,26  | 1,26  | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 3,37  | 3,37  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW8 Glasbausteine</b>   | 11,03 | 11,03 | 3,50 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 03.OG AW2</b>   | 3,37  | 3,37  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>  | 4,41  | 2,18  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 2,23  | 2,23  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,23 Anzahl:1 Gesamtfläche: 2,23<br>Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15 |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW3</b>  | 0,65  | 0,65  | 0,37 |
| Ausr.: Nord-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand dunkler Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>  | 3,37  | 3,37  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW8 Glasbausteine</b>  | 11,03 | 11,03 | 3,50 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand gedeckter Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |
| <b>Außenwand : 04.OG AW2</b>  | 14,69 | 8,50  | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand heller Anstrich<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00  |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>  | 6,19  | 6,19  | 1,50 |
| Einzelfläche: 6,19 Anzahl:1 Gesamtfläche: 6,19<br>Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung<br>g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000<br>Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40<br>Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C_TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 03.OG FD1/2</b>  | 4,75  | 4,75  | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal<br>Flächenberechnung [m²] :<br>Aufb: -<br>Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00<br>Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00<br>Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00   |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>                           |        |        |      |
|---|--------|--------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : 04.OG</b>  | 100,00 | 100,00 | 0,23 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                 |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                               |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00     |        |        |      |
| <b>Innenwand : über alle Stockwerke, Wand geg. unbhzt. Technischacht Aufzug</b> | 55,40  | 55,40  | 2,75 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,50                 |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                               |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00     |        |        |      |
| <b>Dach als Systemgrenze : EG FD6 Flachdach Anbau EG</b>                        | 12,58  | 12,58  | 0,20 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal   |        |        |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |        |        |      |
| Aufb: -   |        |        |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                 |        |        |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 0,00                               |        |        |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00     |        |        |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**4.12. Zonendaten der Zone Zone12 Abstellraum/Lager**

**Randbedingungen der Zone**

|   |  |
|---|--|
| Bauart:   | schwere Gebäudezone  |
| $C_{WIK}/A_{NGF}$ [Wh/m <sup>2</sup> K]:                          | 130  |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10  |
| Konditionierung:  | statische Systeme: keine Heizung und<br>Kühlung RLT Systeme: Einfaches<br>Lüftungssystem |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | nein   |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung  |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung  |

**Geometrie der Zone**

|  |        |
|--|--------|
| Nettogrundfläche[m <sup>2</sup> ]:             | 117,94 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m <sup>2</sup> ]: | 0,00   |
| Bruttovolumen[m <sup>3</sup> ]:                | 375,20 |
| Nettovolumen[m <sup>3</sup> ]:                 | 273,90 |
| Geschosshöhe [m]:                              | 3,80   |
| Anzahl der Geschosse[-]:                       | 3      |

**Unterer Gebäudeabschluß**

|  |      |
|--|------|
| Keller   | ja   |
| Dicke der Umfassungswände in Höhe Erdreichoberkante [m]: | 0,36 |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Nutzungsprofil Zone**

Gewähltes Profil: 20 Lager, Technik, Archiv

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

**Nutzungszeiten**

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

**Raumkonditionen**

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21                         |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24                         |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20                         |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26                         |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4                          |
| Feuchteanforderung                      | Keine Feuchteanforderungen |

**Mindestaußenluftvolumenstrom**

|   |         |
|---|---------|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 0       |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 0,15    |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 0 0     |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 0 0     |

**Beleuchtung**

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 100  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 1    |
| relative Abwesenheit                     | 0,98 |
| Raumindex                                | 1,5  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 1    |

**Personenbelegung**

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 0      | 0      | 0    |

**Interne Wärmequellen**

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |
| Arbeitshilfen             | 0                              | 0                        | 0                  | 0    |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Keine Feuchteanforderungen                             |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 420,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 420,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luftförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 117,94                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 100,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 1,50                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 1,50                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 4,92         |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 02.UG AWE</b>                         | 31,98       | 31,98      | 3,49   |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal  |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40             |             |            |        |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : : 16,54                         |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b>  |       |       |      |
|--|-------|-------|------|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart  |       |       |      |
| <b>Kellerboden : 02.UG BoP11</b>   | 29,17 | 29,17 | 3,22 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,30  |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 15,08   |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Kellerwand / Wand gegen Erdreich : 01.UG AWE</b>  | 63,01 | 63,01 | 3,49 |
| Ausr.: Süd Neigung: Vertikal   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,40  |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 32,58   |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : 01.UG AW2</b>   | 4,11  | 4,11  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Horizontal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Kellerboden : 01.UG BoP11</b>   | 14,54 | 14,54 | 3,22 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,30  |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 7,52  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Kellerboden : 01.UG FDo1</b>  | 86,40 | 86,40 | 3,89 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,30  |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K]: : 44,67   |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>  | 9,95  | 5,36  | 0,30 |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |
| <b>Fenster : Fenster 1</b>   | 2,29  | 4,59  | 1,50 |
| Einzelfläche: 2,29 Anzahl:2 Gesamtfläche: 4,59   |       |       |      |
| Ausr.: Süd-Ost Neigung:Vertikal  |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: Mehrscheibenisolierverglasung (2-fach) U=1,2 - Außenjalousie (45°) weiß - variable Sonnenschutzvorrichtung |       |       |      |
| g <sub>senkr.</sub> : 0,6000 g <sub>tot.</sub> : 0,1000  |       |       |      |
| Lichttransmissionsgrad [-]: 0,78 U-Wert Rahmen [W/m²K]: 1,40   |       |       |      |
| Abm.-faktor Rahmen [%]:70,00 C TL,Vers,SA [-]: 0,15  |       |       |      |
| <b>Außenwand : EG AW2</b>  | 13,10 | 13,10 | 0,30 |
| Ausr.: Nord-Ost Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk   |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :   |       |       |      |
| Aufb: -  |       |       |      |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00  |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00                                      |       |       |      |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |  |  |  |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |  |  |  |

|   |       |       |      |
|---|-------|-------|------|
| <b>Innendecke : EG FuD1 gegen unbeheizt Zone7</b>                           | 12,99 | 12,99 | 0,38 |
| Ausr.: Horizontal Neigung: Horizontal                                       |       |       |      |
| Flächenberechnung [m²] :  |       |       |      |
| Aufb: -   |       |       |      |
| Fx wird berücksichtigt: ja Temperaturkorrekturfaktor Fx: 0,65               |       |       |      |
| Stationärer Leitwert L <sub>s</sub> [W/K] : 0,00                            |       |       |      |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |       |       |      |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |  |  |  |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |  |  |  |

**4.13. Zonendaten der Zone Zone13 Auskunft/Warten**

**Randbedingungen der Zone**

|   |   |
|---|---|
| Bauart:   | mittelschwere Gebäudezone   |
| C <sub>WIK</sub> /A <sub>INNE</sub> [Wh/m²K]:                     | 90  |
| Wärmebrücken:   | Pauschal 0,10   |
| Konditionierung:  | statische Systeme: nur Beheizung RL<br>Systeme: Lüftungsanlage mit Heiz- und Kühlfunktion |
| Berechnung mit Temperaturkorrekturfaktoren:                       | ja  |
| Reduzierter Betrieb an Nutzungstagen:                             | Temperaturabsenkung   |
| Reduzierter Betrieb an Nicht-Nutzungstagen (Wochenende + Urlaub): | Temperaturabsenkung   |

**Geometrie der Zone**

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| Nettogrundfläche[m²]:             | 124,51 |
| Wärmeübertragende Hüllfläche[m²]: | 43,22  |
| Bruttovolumen[m³]:                | 398,50 |
| Nettovolumen[m³]:                 | 319,10 |
| Geschosshöhe [m]:                 | 3,00   |
| Anzahl der Geschosse[-]:          | 1      |

## Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

### Nutzungsprofil Zone

Gewähltes Profil: 1 Einzelbüro

Auswahl Mindestaußenluftstrom: Flächenbezug

Personenbelegung: mittlere Belegung

#### Nutzungszeiten

|  | von | bis  |
|--|-----|------|
| tägliche Nutzungszeit [Uhr]                        | 7   | 18   |
| jährliche Nutzungstage [d/a]                       |     | 250  |
| jährliche Nutzungsstunden zur Tagzeit [h/a]        |     | 2543 |
| jährliche Nutzungsstunden zur Nachtzeit [h/a]      |     | 207  |
| tägliche Betriebszeit RLT, und Kühlung [Uhr]       | 5   | 18   |
| jährliche Betriebstage RLT, Kühlung, Heizung [d/a] |     | 250  |
| tägliche Betriebszeit Heizung [Uhr]                | 5   | 18   |

#### Raumkonditionen

|   |               |
|---|---------------|
| Raum-Solltemperatur Heizung [°C]        | 21            |
| Raum-Solltemperatur Kühlung [°C]        | 24            |
| Minimaltemperatur Auslegung Heizung     | 20            |
| Maximaltemperatur Auslegung Kühlung     | 26            |
| Temperaturabsenkung reduzierter Betrieb | 4             |
| Feuchteanforderung                      | Hohe Toleranz |

#### Mindestaußenluftvolumenstrom

|   |     |     |
|---|-----|-----|
| personenbezogen [m³ je Stunde und Person] | 40  |     |
| flächenbezogen [m³/(h*m²)]                | 4   |     |
| Außenluftvolumenstrom (Praxis)            | min | max |
| Luftwechsel [1/h]                         | 2   | 3   |
| Luftwechsel nur Luft [1/h]                | 4   | 8   |

#### Beleuchtung

|  |      |
|--|------|
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke [lx] | 500  |
| Höhe der Nutzebene [m]                   | 0,8  |
| Minderungsfaktor                         | 0,84 |
| relative Abwesenheit                     | 0,3  |
| Raumindex                                | 0,9  |
| Minderungsfaktor Gebäudebetriebszeit     | 0,7  |

#### Personenbelegung

| maximale Belegungsdichte | gering | mittel | hoch |
|--------------------------|--------|--------|------|
| m² je Person             | 18     | 14     | 10   |

#### Interne Wärmequellen

|                           | Vollnutzungs-<br>stunden [h/d] | max. spezifische<br>tief | Leistung<br>mittel | hoch |
|---------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|------|
| Personen (70 W je Person) | 6                              | 4                        | 5                  | 7    |
| Arbeitshilfen             | 6                              | 3                        | 7                  | 15   |

Beschreibung (bei eigenem Nachweisprofil):

Begründung (bei eigenem Nachweisprofil):

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

**Belüftungsrandbedingungen der Zone**

|  |  |
|--|--|
| Fensterlüftung   |  |
| Verbindung der Zone zur Außenluft:                         | mit Fenster und Durchlässen                            |
| Mehrere Fassaden dem Wind ausgesetzt:                      | nein   |
| Windabschirmklasse des Gebäudes:                           | mittlere Abschirmung                                   |
| Einstufung der Gebäudedichtigkeit:                         | Alle sonstigen Gebäude                                 |
| Gemessen bei 50 Pa Druckdifferenz [1/h]:                   | 6,00   |
| Mechanische Lüftung  |  |
| Art der mechanischen Belüftung:                            | Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft                      |
| Regelung Zuluftvolumenstrom Anlage:                        | Konstanter Volumenstrom                                |
| Deckung des hygienisch notwendigen Außenluftvolumenstrom:  | vollständig  |
| Lüftungsanlage wird auch an Nicht-Nutzungstagen betrieben: | nein   |
| Wärmerückgewinnung   |  |
| Typ Wärmerückgewinnungssystem:                             | Wärmerückgewinnung ohne Stoff- bzw. Feuchteübertragung |
| Rückwärmzahl: [%]  | 70,00  |
| Luftbefeuchtung  |  |
| Feuchteanforderungen in der Zone:                          | Hohe Toleranz  |
| Typ des Luftbefeuchtungssystems:                           | es findet keine Befeuchtung statt                      |
| Sollwert der Zulufttemperatur                              |  |
| Jahreswert [°C]:   | 14,00  |
| Luftvolumenströme  |  |
| Auslegungsvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand): | ja   |
| Auslegungsvolumenstrom Zuluft [m³/h]:                      | 385,00   |
| Auslegungsvolumenstrom Abluft [m³/h]:                      | 385,00   |
| Abluftvolumenstrom bekannt (TGA-Planung bzw. Bestand):     | nein   |
| Luffförderung  |  |
| Berechnungsmodus:  | Standardwerte gemäß Teil 7 Kapitel 5.1                 |
| Anlagenauslastung  |  |
| Sommer - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 24,00  |
| Winter - Zulufttemperatur im Auslegungsfall [°C]:          | 20,00  |

**Beleuchtungsbereiche der Zone**

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Bezeichnung:                             | Beleuchtungsbereich 1 |
| Fläche[m]:                               | 124,51                |
| Wartungswert der Beleuchtungsstärke[lx]: | 500,00                |
| Art der Berücksichtigung des Raumindex:  | Nutzerprofil          |
| Raumindex für Kunstlichtberechnung:      | 0,90                  |
| Raumindex bei Dachoberlichtern:          | 0,90                  |
| Präsenzerfassung:                        | Manuell               |
| Präsenzerfassung:                        | manuell               |

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| Bezeichnung:                 | Kunstlicht 1 |
| Berechnungsmodus:            | Fachplanung  |
| installierte Leistung[W/m²]: | 11,69        |

**Hüllflächen und Innenwände die dieser Zone zugeordnet sind.**

| Bauteil   | Brutto (m²) | Netto (m²) | U-Wert |
|---|-------------|------------|--------|
| <b>Außenwand : EG AW5</b>   | 26,71       | 10,77      | 0,19   |
| Ausr.: Süd-West Neigung:Vertikal Oberfläche: Wand Klinkermauerwerk          |             |            |        |
| Flächenberechnung [m²] :  |             |            |        |
| Aufb: -   |             |            |        |
| Fx wird berechnet:nein Temperaturkorrekturfaktor Fx: 1,00                   |             |            |        |
| Wärmebrücken aus Zonenvorgabe: ja, Pauschaler Aufschlag U(wb) [W/m²K]: 0,00 |             |            |        |

## Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

|   |
|---|
| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |

### 5. Anlagentechnik

#### 5.1. Übersicht über alle Anlagenbereiche

##### Heizung

| Name(Erzeugung) | Art            | Energieträger, (fP)           | Vorlauf;<br>Rücklauf [C°] | Nennleistung<br>[kW] |
|-----------------|----------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|
| EE Wärme 1      |                |                               |                           |                      |
| Wärmeerzeuger 1 | Nah-/Fernwärme | KWK fossiler Brennstoff; 0,70 | 117,00; 43,00             | 717,89               |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 1        | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert<br>[W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------------------|
| Rohrabschnitt 1     | Verteilleitung   | Leitungsführung innen | 452,60    | 0,20              |
| Rohrabschnitt 2     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 784,20    | 0,26              |
| Rohrabschnitt 3     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 282,60    | 0,26              |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 45,27               |

| Name(Ubergaben) | Art                            | Regelung   | Zone   | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|--|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro                                     | 59,70       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro<br>RLT                              | 46,10       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone3 Büro<br>RLT/Kälte                        | 50,80       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone4<br>Besprechung<br>RLT 1.OG               | 100,00      |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5<br>Besprechung<br>RLT/Kälte<br>03.-04.OG | 47,00       |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8<br>Sanitär/WC/<br>Putzräume              | 55,20       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9<br>Teeküchen                             | 58,80       |
| Übergabe 8      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10<br>Akten/Regist<br>ratur                | 9,00        |
| Übergabe 9      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone11<br>Verkehrsflä<br>chen                  | 54,60       |
| Übergabe 10     | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone13<br>Auskunft/Wa<br>rten                  | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 2        | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert<br>[W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|-------------------|
| Rohrabschnitt 1     | Verteilleitung   | Leitungsführung innen | 287,60    | 0,20              |
| Rohrabschnitt 2     | Strangleitung    | Leitungsführung innen | 736,10    | 0,26              |
| Rohrabschnitt 3     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 281,00    | 0,26              |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 30,08               |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

| <b>Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude</b> |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|
| Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart                     |  |  |  |  |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                                  | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone1 Büro                            | 40,30       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone2 Büro RLT                        | 53,90       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 49,20       |
| Übergabe 4      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 53,00       |
| Übergabe 5      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone6 Server/Kopierer                 | 100,00      |
| Übergabe 6      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär/WC/ Putzräume           | 28,00       |
| Übergabe 7      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone9 Teeküchen                       | 41,20       |
| Übergabe 8      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Akten/Registatur               | 15,60       |
| Übergabe 9      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone11 Verkehrsflächen                | 28,90       |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Heizung 3        | indirektes System | EE Wärme 1(100%)  |

| Name(Rohrleitungen) | Art              | Position              | Länge [m] | U-Wert [W/m²K] |
|---------------------|------------------|-----------------------|-----------|----------------|
| Rohrabschnitt 1     | Verteilleitung   | Leitungsführung innen | 531,60    | 0,20           |
| Rohrabschnitt 2     | Anbindeleitungen | Leitungsführung innen | 66,00     | 0,26           |

| Name(Pumpen) | Art              | Regelung           | Dimensionierung [W] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------------|
| Pumpe 1      | bedarfsausgelegt | delta_p = variabel | 34,06               |

| Name(Übergaben) | Art                            | Regelung   | Zone                        | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------------|--|-----------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone8 Sanitär/WC/ Putzräume | 16,80       |
| Übergabe 2      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone10 Akten/Registatur     | 75,40       |
| Übergabe 3      | Heizkörper (freie Heizflächen) | ungeregelt mit zentraler Vorlauftemperaturregelung | Zone11 Verkehrsflächen      | 16,50       |

**Warmwasser**

| Name(Erzeugung) | Heizung u. TWW | Art | Energieträger, (fP) | Vorlauf; Rücklauf [C°] | Nennleistung [kW] |
|-----------------|----------------|-----|---------------------|------------------------|-------------------|
|                 |                |     |                     |                        |                   |

**Kühlung**

| Name(Erzeugung) | Art                       | Primärkreis Vorlauf; Rücklauf [C°] |
|-----------------|---------------------------|------------------------------------|
| EE Kälte 1      |                           | 6,00; 12,00                        |
| Kälteerzeuger 1 | Kompressionskältemaschine |                                    |

| Name(Verteilkreise) | Art  | Erzeugereinheiten |
|---------------------|--|-------------------|
| VK Kühlung 1        | direktes System (direkte Wärme-/Kälteabgabe) | EE Kälte 1(100%)  |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 50,80       |
| Übergabe 2      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 47,00       |



**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Eingabeprotokoll - Projekt : REG - DVA-Gebäude**  
Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart

| Name(Verteilkreise) | Art  | Erzeugereinheiten |
|---------------------|--|-------------------|
| VK Kühlung 2        | direktes System (direkte Wärme-/Kälteabgabe) | EE Kälte 1(100%)  |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 49,20       |
| Übergabe 2      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 53,00       |

**Raumlufttechnik**

| Name(Erzeugung)  | Systemtemperatur Vorlauf; Rücklauf [C°] |
|------------------|---|
| EE RLT 1         | 70,00; 55,00                            |
| EE RLT 2 Zone 10 | 70,00; 55,00                            |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Warmluft 1       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT                        | 0,90         | 46,10       |
| Übergabe 2      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 0,90         | 50,80       |
| Übergabe 3      | Zone4 Besprechung RLT 1.OG            | 0,90         | 100,00      |
| Übergabe 4      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 0,90         | 47,00       |
| Übergabe 5      | Zone9 Teeküchen                       | 0,90         | 58,80       |
| Übergabe 6      | Zone13 Auskunft/Warten                | 0,90         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Warmluft 2       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT                        | 0,90         | 53,90       |
| Übergabe 2      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 0,90         | 49,20       |
| Übergabe 3      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 0,90         | 53,00       |
| Übergabe 4      | Zone6 Server/Kopierer                 | 0,90         | 100,00      |
| Übergabe 5      | Zone9 Teeküchen                       | 0,90         | 41,20       |

| Name(Verteilkreise)   | Art               | Erzeugereinheiten      |
|-----------------------|-------------------|------------------------|
| VK Warmluft 3 Zone 10 | indirektes System | EE RLT 2 Zone 10(100%) |

| Name(Übergaben) | Zone                     | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|--------------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone10 Akten/Registratur | 0,90         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Kaltluft 1       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT                        | 1,00         | 46,10       |
| Übergabe 2      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 1,00         | 50,80       |
| Übergabe 3      | Zone4 Besprechung RLT 1.OG            | 1,00         | 100,00      |
| Übergabe 4      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 1,00         | 47,00       |
| Übergabe 5      | Zone9 Teeküchen                       | 1,00         | 58,80       |
| Übergabe 6      | Zone13 Auskunft/Warten                | 1,00         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise) | Art               | Erzeugereinheiten |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| VK Kaltluft 2       | indirektes System | EE RLT 1(100%)    |

| Name(Übergaben) | Zone                                  | Nutzungsgrad | Deckung [%] |
|-----------------|---------------------------------------|--------------|-------------|
| Übergabe 1      | Zone2 Büro RLT                        | 1,00         | 53,90       |
| Übergabe 2      | Zone3 Büro RLT/Kälte                  | 1,00         | 49,20       |
| Übergabe 3      | Zone5 Besprechung RLT/Kälte 03.-04.OG | 1,00         | 53,00       |
| Übergabe 4      | Zone9 Teeküchen                       | 1,00         | 41,20       |
| Übergabe 5      | Zone6 Server/Kopierer                 | 1,00         | 100,00      |

| Name(Verteilkreise)   | Art               | Erzeugereinheiten      |
|-----------------------|-------------------|------------------------|
| VK Kaltluft 3 Zone 10 | indirektes System | EE RLT 2 Zone 10(100%) |

**Anlage 1: DVA – Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**6. Erzeugereinheiten für Wärme und Kälte**

Die Erzeugereinheiten fassen Erzeuger und Speicher zu einer Einheit zusammen, die durch Kreise an Verbraucher angeschlossen werden.

**6.1. Erzeugereinheit Wärme EE Wärme 1**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 67,50 Breite[m]: 14,80 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00 Anzahl Geschosse: 7

**Erzeuger Typ: Nah-/Fernwärme Name: Wärmeerzeuger 1**

Baujahr: 2006 Kombiniertes Wärme/Warmwasser Erzeuger: nein  
Energieträger: KWK fossiler Brennstoff

Vorlauftemperatur [°C]: 117,00 Rücklauftemperatur [°C]: 43,00

**Kennwerte des Erzeugers**

| Kennwert                                    | Standardwert | Wert   |
|---|--------------|--------|
| Betriebsweise kombinierte Erzeugung:        |              |        |
| Fernwärme-Hausstation:                      |              |        |
| Sekundär-/Primärseite:                      |              |        |
| Nennleistung für Fernwärme-Hausstation[kW]: | ja           | 717,89 |
| Regelung innerhalb Station:                 | ja           |        |

**6.2. Erzeugereinheit Kälte EE Kälte 1**

Geometrie für versorgten Bereich wird aus Gebäude übernommen: ja  
Länge[m]: 67,50 Breite[m]: 14,80 mittlere Geschoßhöhe[m]: 3,00 Anzahl Geschosse: 7

**Erzeuger Typ: Kompressionskältemaschine Name: Kälteerzeuger 1**

Baujahr:  
Umgebung Zone:  
Energieträger: -

**Kennwerte des Erzeugers**

| Kennwert                            | Wert   |
|-------------------------------------|--|
| Art der Kühlung:                    | luftgekühlt                                  |
| Art der Teillastregelung:           | Zweipunktregelung für Einzonensystem taktend |
| Art Raumklimagerät:                 | -  |
| Kaltwasseraustrittstemperatur[°C]:  | 6,0  |
| Verdampfungstemperatur[°C]:         | 0,0  |
| Heizmedieneintrittstemperatur [°C]: | 130,0  |
| Dampferzeugung:                     | -  |
| Art Verdichter:                     | Kolben-/Scrollverdichter 10 kW bis 1500 kW   |
| Art Kältemittel:                    | R407C  |
| Art Kaltwassereintritt:             | konstant                                     |



Anlage 2: DVA – Energieausweis nach EnEV 2007  
zu Bericht: Kapitel 3.5

# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Gültig bis: 14.05.2019

1

## Gebäude

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| Hauptnutzung/<br>Gebäudekategorie              | DVA - Neckarstraße  |   |                             |
| Adresse  | Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart   |   |   |
| Gebäudeteil                                    | Bürogebäude   |   |   |
| Baujahr Gebäude                                | 1960  |   |   |
| Baujahr Wärmeerzeuger                          | 2006  |   |   |
| Baujahr Klimaanlage                            | 2006-2008   |   |   |
| Nettogrundfläche                               | 5.718 m²  |   |   |
| Anlass der Ausstellung<br>des Energieausweises | <input checked="" type="checkbox"/> Neubau<br><input type="checkbox"/> Vermietung/Verkauf | <input type="checkbox"/> Modernisierung<br>(Änderung/Erweiterung) | <input type="checkbox"/> Aushang bei öffentlichen Gebäuden<br><input type="checkbox"/> Sonstiges (freiwillig) |

## Hinweise zu den Angaben über die energetische Qualität des Gebäudes

Die energetische Qualität eines Gebäudes kann durch die Berechnung des **Energiebedarfs** unter standardisierten Randbedingungen oder durch die Auswertung des **Energieverbrauchs** ermittelt werden. **Als Bezugsfläche dient die Nettogrundfläche.**

- Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Berechnungen des **Energiebedarfs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 2** dargestellt. Zusätzliche Informationen zum Verbrauch sind freiwillig. Diese Art der Ausstellung ist Pflicht bei Neubauten und bestimmten Modernisierungen. Die angegebenen Vergleichswerte sind die Anforderungen der EnEV zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises (**Erläuterungen – siehe Seite 4**).
  - Der Energieausweis wurde auf der Grundlage von Auswertungen des **Energieverbrauchs** erstellt. Die Ergebnisse sind auf **Seite 3** dargestellt. Die Vergleichswerte beruhen auf statistischen Auswertungen.
- Datenerhebung Bedarf/Verbrauch durch:  Eigentümer  Aussteller
- Dem Energieausweis sind zusätzliche Informationen zur energetischen Qualität beigelegt (freiwillige Angabe).

## Hinweise zur Verwendung des Energieausweises

Der Energieausweis dient lediglich der Information. Die Angaben im Energieausweis beziehen sich auf das gesamte Gebäude oder den oben bezeichneten Gebäudeteil. Der Energieausweis ist lediglich dafür gedacht, einen überschlägigen Vergleich von Gebäuden zu ermöglichen.

Aussteller

Dipl.Ing.(FH) Lothar Bahmann  
Ed. Zueblin AG  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

14.05.2009

Datum

Unterschrift des Ausstellers

Anlage 2: DVA – Energieausweis nach EnEV 2007  
zu Bericht: Kapitel 3.5

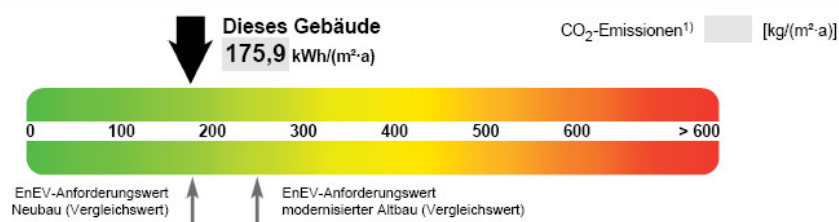
# ENERGIEAUSWEIS

 für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Berechneter Energiebedarf des Gebäudes

2

### Primärenergiebedarf „Gesamtenergieeffizienz“



### Nachweis der Einhaltung des § 4 oder § 9 Abs. 1 EnEV<sup>2)</sup>

| Primärenergiebedarf   |                  | Energetische Qualität der Gebäudehülle  |               |
|-----------------------|------------------|---|---------------|
| Gebäude Ist-Wert      | 175,9 kWh/(m²·a) | Gebäude Ist-Wert H <sub>f</sub> *       | 0,84 W/(m²·K) |
| EnEV-Anforderungswert | 178,4 kWh/(m²·a) | EnEV-Anforderungs-Wert H <sub>f</sub> * | 0,80 W/(m²·K) |

### Energiebedarf

| Energieträger      | Jährlicher Endenergiebedarf in kWh/(m²·a) für |            |                        |         |                              | Gebäude insgesamt |
|--------------------|---|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
|                    | Heizung                                       | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung |                   |
| Strom-Mix          | 0,1   | 0,0        | 12,4                   | 10,3    | 0,4                          | 23,2              |
| KWK fossiler Brenn | 161,7   | 0,0        | 0,0                    | 0,0     | 0,0                          | 161,7             |

### Aufteilung Energiebedarf

| [kWh/(m²·a)]  | Heizung | Warmwasser | Eingebaute Beleuchtung | Lüftung | Kühlung einschl. Befeuchtung | Gebäude insgesamt |
|---------------|---------|------------|------------------------|---------|------------------------------|-------------------|
| Nutzenergie   | 115,7   | 0,0        | 12,4                   | 0,0     | 20,8                         | 148,9             |
| Endenergie    | 161,8   | 0,0        | 12,4                   | 10,3    | 0,4                          | 184,9             |
| Primärenergie | 113,4   | 0,0        | 33,5                   | 27,9    | 1,1                          | 175,9             |

### Sonstige Angaben

- Einsetzbarkeit alternativer Energieversorgungssysteme:**
- nach § 5 EnEV vor Baubeginn geprüft
- Alternative Energieversorgungssysteme werden genutzt für:**
- Heizung     Warmwasser     Eingebaute Beleuchtung
- Lüftung     Kühlung
- Lüftungskonzept**
- Die Lüftung erfolgt durch:
- Fensterlüftung     Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung
- Schachtlüftung     Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

### Gebäudezonen

| Nr. | Zone                      | Fläche [m²] | Anteil [%] |
|-----|---------------------------|-------------|------------|
| 1   | Zone1 Büro                | 512         | 8          |
| 2   | Zone2 Büro RLT            | 764         | 12         |
| 3   | Zone3 Büro RLT/Kälte      | 918         | 15         |
| 4   | Zone4 Besprechung RLT 1.  | 44          | 1          |
| 5   | Zone5 Besprechung RLT/Käl | 84          | 1          |
| 6   | Zone6 Server/Kopierer     | 54          | 1          |

Weitere Zonen in Anlage

### Erläuterungen zum Berechnungsverfahren

Das verwendete Berechnungsverfahren ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch. Die ausgewiesenen Bedarfs- werte sind spezifische Werte nach der EnEV pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Die oben als EnEV-Anforderungswert bezeichneten Anforderungen der EnEV sind nur im Falle des Neubaus und der Modernisierung nach § 9 Abs. 1 EnEV bindend.

1) Freiwillige Angabe. 2) Nur in Fällen des Neubaus und der Modernisierung auszufüllen.

**Anlage 2: DVA – Energieausweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**ENERGIEAUSWEIS** für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

Erfasster Energieverbrauch des Gebäudes

3

Heizenergieverbrauchskennwert



Warmwasser enthalten

Stromverbrauchskennwert



Der Wert enthält den Stromverbrauch für:

Heizung  Warmwasser  Lüftung  eingebaute Beleuchtung  Kühlung  Sonstiges: \_\_\_\_\_

Verbrauchserfassung – Heizung und Warmwasser

| Energieträger | Zeitraum |     | Energieverbrauch [kWh] | Anteil Warmwasser [kWh] | Klimafaktor | Energieverbrauchskennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] (zeitlich bereinigt, Klimabereinigt) |            |          |
|---------------|----------|-----|------------------------|-------------------------|-------------|--|------------|----------|
|               | von      | bis |                        |                         |             | Heizung  | Warmwasser | Kennwert |
|               |          |     |                        |                         |             |  |            |          |
|               |          |     |                        |                         |             |  |            |          |
| Durchschnitt  |          |     |                        |                         |             |  |            |          |

Verbrauchserfassung – Strom

| Zeitraum |     | Ablesewert [kWh] | Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> ·a)] |
|----------|-----|------------------|------------------------------------|
| von      | bis |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |
|          |     |                  |                                    |

Gebäudekategorie

Gebäudekategorie \_\_\_\_\_

Sonderzonen \_\_\_\_\_

Erläuterungen zum Verfahren

Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche. Der tatsächliche Verbrauch eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens von den angegebenen Kennwerten ab.

1) Veröffentlicht im Bundesanzeiger/Internet durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie.

## Anlage 2: DVA – Energieausweis nach EnEV 2007 zu Bericht: Kapitel 3.5

# ENERGIEAUSWEIS

für Nichtwohngebäude  
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)

## Erläuterungen

4

### Energiebedarf – Seite 2

Der Energiebedarf wird in diesem Energieausweis durch den Jahres-Primärenergiebedarf und den Endenergiebedarf für die Anteile Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung dargestellt. Diese Angaben werden rechnerisch ermittelt. Die angegebenen Werte werden auf der Grundlage der Bauunterlagen bzw. gebäudebezogener Daten und unter Annahme von standardisierten Randbedingungen (z. B. standardisierte Klimadaten, definiertes Nutzerverhalten, standardisierte Innentemperatur und innere Wärmegewinne usw.) berechnet. So lässt sich die energetische Qualität des Gebäudes unabhängig vom Nutzerverhalten und der Wetterlage beurteilen. Insbesondere wegen standardisierter Randbedingungen erlauben die angegebenen Werte keine Rückschlüsse auf den tatsächlichen Energieverbrauch.

### Primärenergiebedarf – Seite 2

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z. B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

Die angegebenen Vergleichswerte geben für das Gebäude die Anforderungen der Energieeinsparverordnung an, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Energieausweises galt. Sie sind im Falle eines Neubaus oder der Modernisierung des Gebäudes nach § 9 Abs. 1 EnEV einzuhalten. Bei Bestandsgebäuden dienen sie der Orientierung hinsichtlich der energetischen Qualität des Gebäudes. Zusätzlich können die mit dem Energiebedarf verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen des Gebäudes freiwillig angegeben werden.

### Endenergiebedarf – Seite 2

Der Endenergiebedarf gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### Energetische Qualität der Gebäudehülle – Seite 2

Angegeben ist der spezifische, auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeflusskoeffizient (Formelzeichen in der EnEV:  $H_T$ ). Er ist ein Maß für die durchschnittliche energetische Qualität aller wärmeübertragenden Umfassungsflächen (Außenwände, Decken, Fenster etc.) eines Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen guten baulichen Wärmeschutz.

### Heizenergie- und Stromverbrauchskennwert (Energieverbrauchskennwerte) – Seite 3

Der Heizenergieverbrauchskennwert (einschließlich Warmwasser) wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs ermittelt. Das Verfahren zur Ermittlung von Energieverbrauchskennwerten ist durch die Energieeinsparverordnung vorgegeben. Die Werte sind spezifische Werte pro Quadratmeter Nettogrundfläche nach Energieeinsparverordnung. Über Klimafaktoren wird der erfasste Energieverbrauch hinsichtlich der örtlichen Wetterdaten auf ein standardisiertes Klima für Deutschland umgerechnet. Der ausgewiesene Stromverbrauchskennwert wird für das Gebäude auf der Basis der Erfassung des Verbrauchs oder der entsprechenden Abrechnung ermittelt. Die Energieverbrauchskennwerte geben Hinweise auf die energetische Qualität des Gebäudes. Kleine Werte signalisieren einen geringen Verbrauch. Ein Rückschluss auf den künftig zu erwartenden Verbrauch ist jedoch nicht möglich. Der tatsächliche Verbrauch einer Nutzungseinheit oder eines Gebäudes weicht insbesondere wegen des Witterungseinflusses und sich ändernden Nutzerverhaltens oder sich ändernder Nutzungen vom angegebenen Energieverbrauchskennwert ab. Die Vergleichswerte ergeben sich durch die Beurteilung gleichartiger Gebäude. Dazu wurden die Daten von einer großen Anzahl Gebäude untersucht und bewertet. Der Vergleichswert ist dabei der flächengewichtete Mittelwert aus der statistischen Verteilung. Kleinere Verbrauchswerte als der Vergleichswert signalisieren eine gute energetische Qualität im Vergleich zum Gebäudebestand dieses Gebäudetyps. Die Vergleichswerte werden durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie bekannt gegeben.



**Anlage 2: DVA – Energieausweis nach EnEV 2007**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**Modernisierungsempfehlungen zum Energieausweis**  
gemäß § 20 Energieeinsparverordnung (EnEV)

**Gebäude**

|         |                                   |                                   |                    |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Adresse | Neckarstraße 121, 70190 Stuttgart | Hauptnutzung/<br>Gebäudekategorie | DVA - Neckarstraße |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|

**Empfehlungen zur kostengünstigen Modernisierung**  sind möglich  
 sind nicht möglich

| Empfohlene Modernisierungsmaßnahmen |                        |                       |
|-------------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Nr.                                 | Bau- oder Anlagenteile | Maßnahmenbeschreibung |
| 1                                   |                        |                       |
| 2                                   |                        |                       |
| 3                                   |                        |                       |
| 4                                   |                        |                       |
| 5                                   |                        |                       |
| 6                                   |                        |                       |
| 7                                   |                        |                       |
| 8                                   |                        |                       |

Weitere Empfehlungen auf gesondertem Blatt  
**Hinweis:** Modernisierungsempfehlungen für das Gebäude dienen lediglich der Information.  
Sie sind nur kurz gefasste Hinweise und kein Ersatz für eine Energieberatung.

**Beispielhafter Variantenvergleich** (Angaben freiwillig)

|  | Ist-Zustand  | Modernisierungsvariante 1 | Modernisierungsvariante 2 |
|--|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Modernisierung gemäß Nummern:                        | <del> </del> |                           |                           |
| Primärenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> -a)]        | <del> </del> |                           |                           |
| Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]                 | <del> </del> |                           |                           |
| Endenergiebedarf [kWh/(m <sup>2</sup> -a)]           | <del> </del> |                           |                           |
| Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]                 | <del> </del> |                           |                           |
| CO <sub>2</sub> -Emissionen [kg/(m <sup>2</sup> -a)] | <del> </del> |                           |                           |
| Einsparung gegenüber Ist-Zustand [%]                 | <del> </del> |                           |                           |












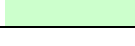

Aussteller  
Dipl.Ing.(FH) Lothar Bahmann  
Ed. Zueblin AG  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

14.05.2009  
Datum \_\_\_\_\_  
Unterschrift des Ausstellers \_\_\_\_\_



**Anlage 3: DVA – Zonierung nach DIN V 18599**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

**DIN V 18599: Legende - Farbkarte Zonierung**

| Farbe   | Name           | Nummer | Zone                              | Zuordnung<br>Standard-<br>Nutzungsprofil |
|---|----------------|--------|-----------------------------------|--|
|    | gelb           | 1      | Büro EG/1./2. OG Hofseite         | 01                                       |
|    | dunkelgelb     | 2      | Büro EG/1./2. OG Neckarstraße     | 01                                       |
|    | hellorange     | 3      | Büro 03./04. OG                   | 01                                       |
|    | rot            | 4      | Besprechung 1. OG                 | 04                                       |
|  | violett        | 5      | Besprechung 03./04. OG            | 04                                       |
|  | lavendel       | 6      | Server/ Kopierer                  | 21                                       |
|  | (hell)rosa     | 7      | Technikräume                      | 20                                       |
|  | blau           | 8      | Sanitär/ WC/ Putzräume            | 16                                       |
|  | himmelblau     | 9      | Teeküchen                         | 14                                       |
|  | braun          | 10     | Aktenlager (Register EG, 1./2.UG) | 30                                       |
|  | grün           | 11     | Verkehrsflächen (Treppe/Flur)     | 19                                       |
|  | hellgrün       | 12     | Abstell-/Lagerräume               | 20                                       |
|  | grün gestreift | 13     | Auskunft/Warten                   | 05                                       |

**Anlage 3:** *DVA – Zonierung nach DIN V 18599*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

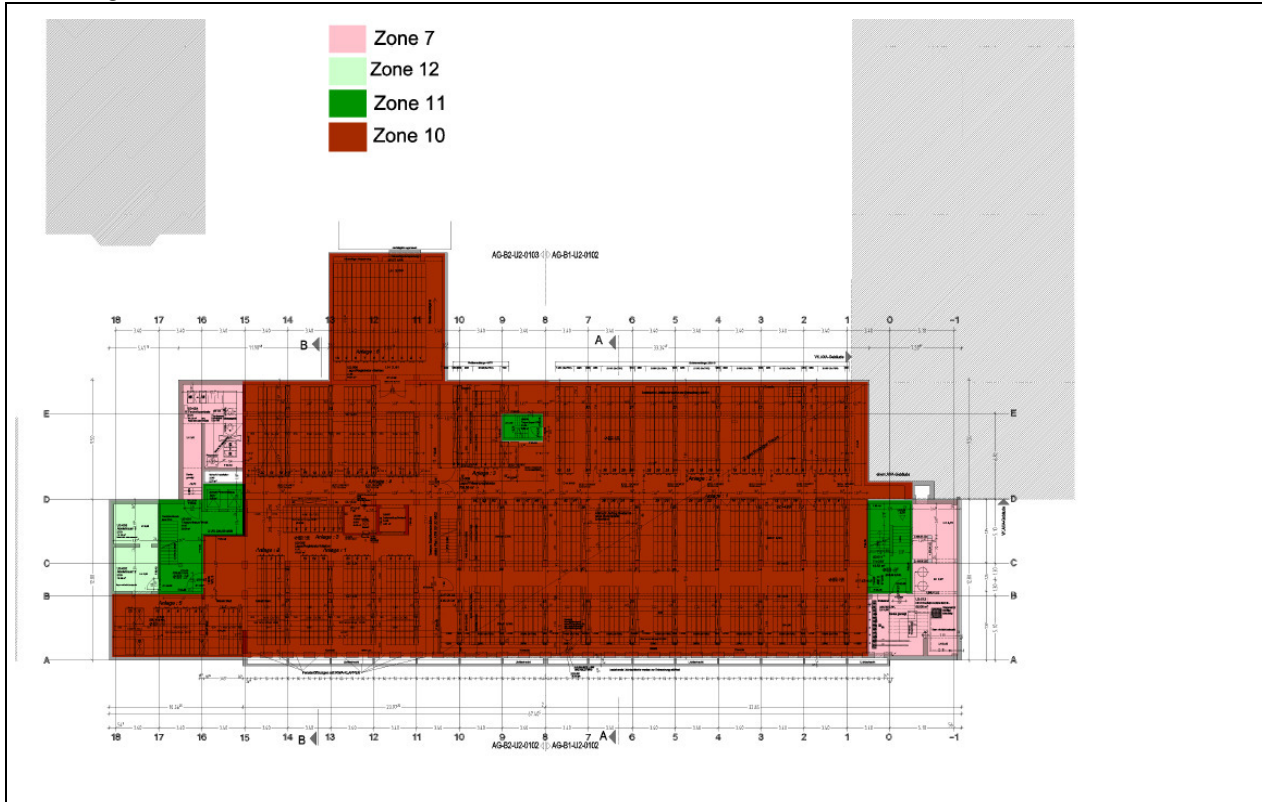
**GRUNDRISSE**

- 02. UNTERGESCHOSS
- 01. UNTERGESCHOSS
- ERDGESCHOSS
- 01. OBERGESCHOSS
- 02. OBERGESCHOSS
- 03. OBERGESCHOSS
- 04. OBERGESCHOSS
- DACHGESCHOSS

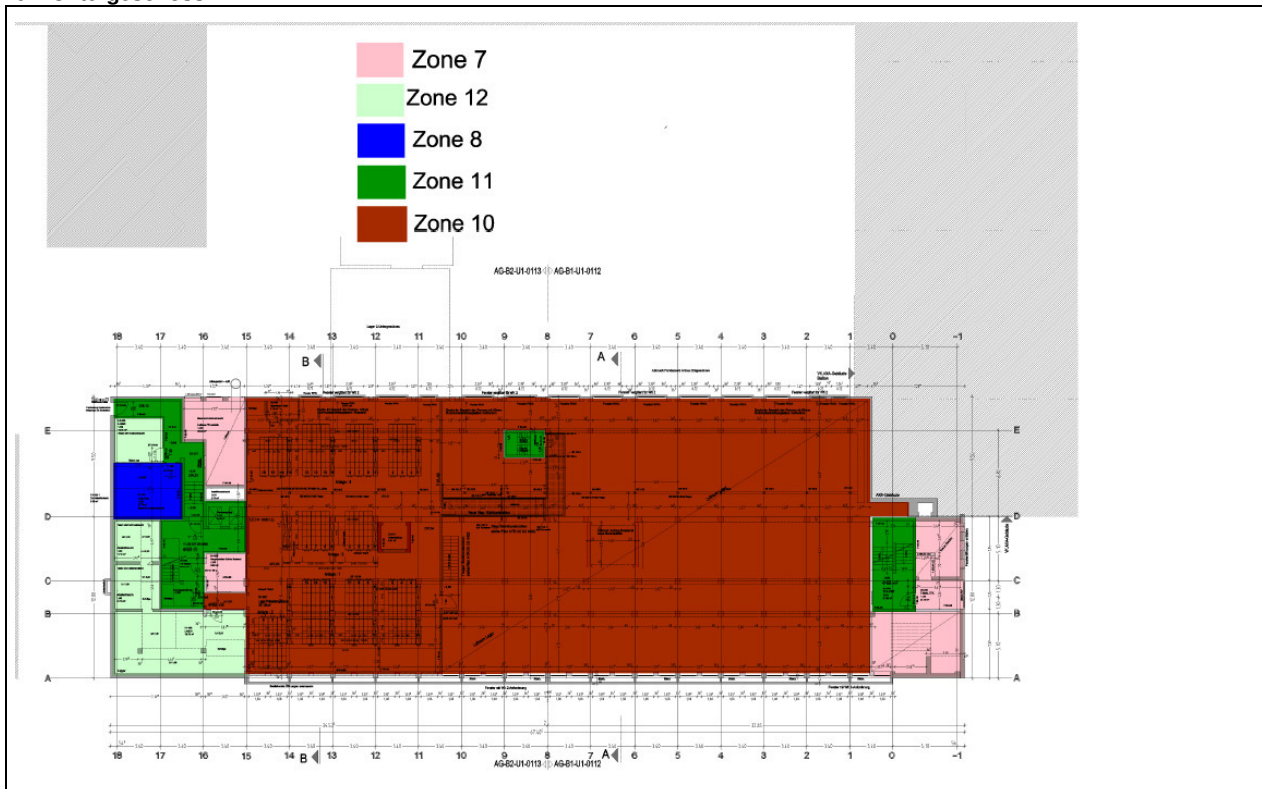


**Anlage 3: DVA – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**02. Untergeschoss**

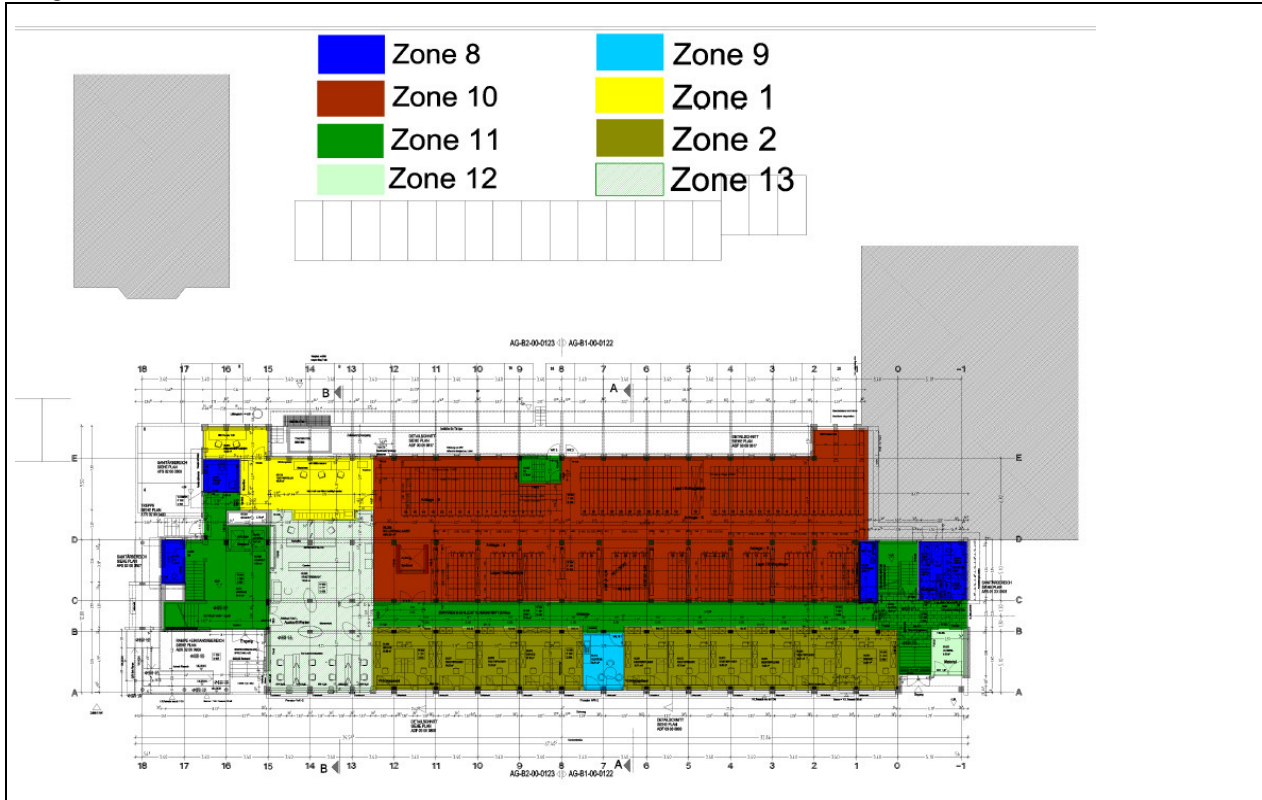


**01. Untergeschoss**

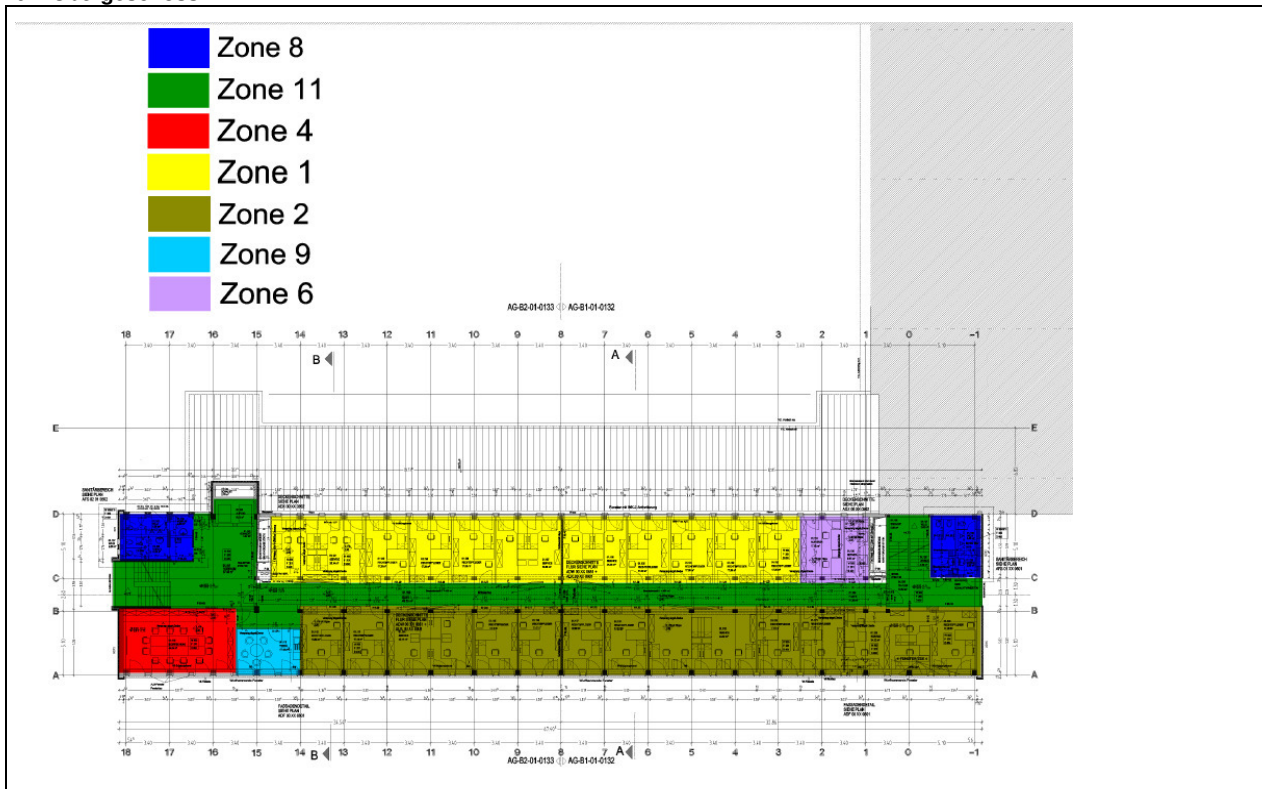


**Anlage 3: DVA – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**Erdgeschoss**

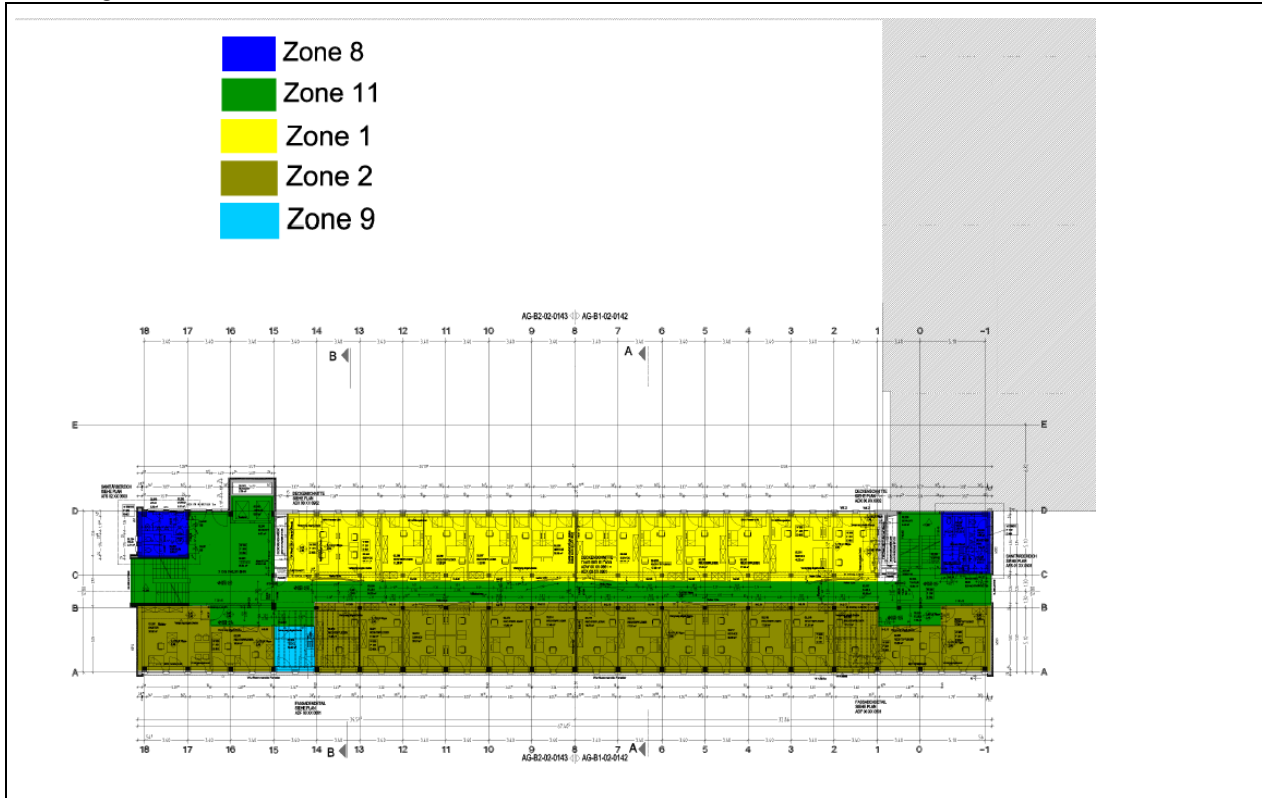


**01. Obergeschoss**

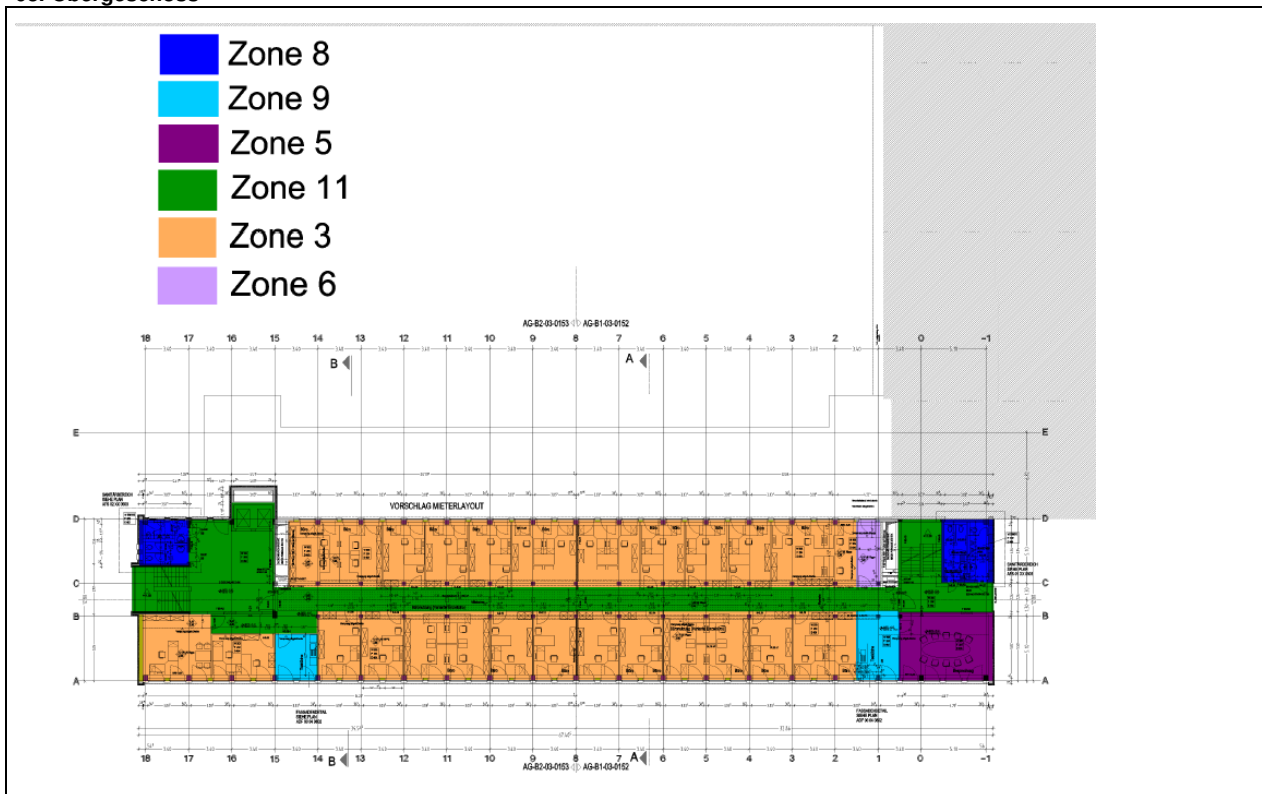


**Anlage 3: DVA – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**02. Obergeschoss**



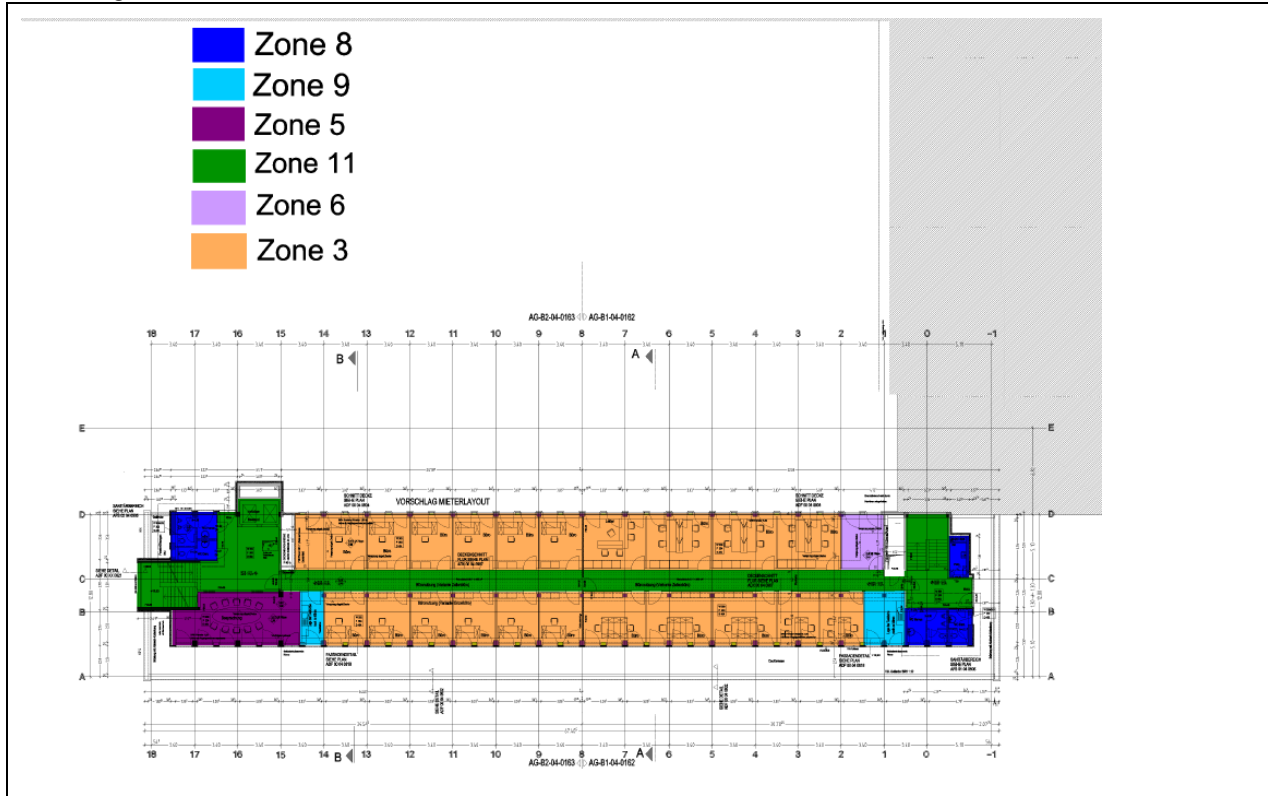
**03. Obergeschoss**



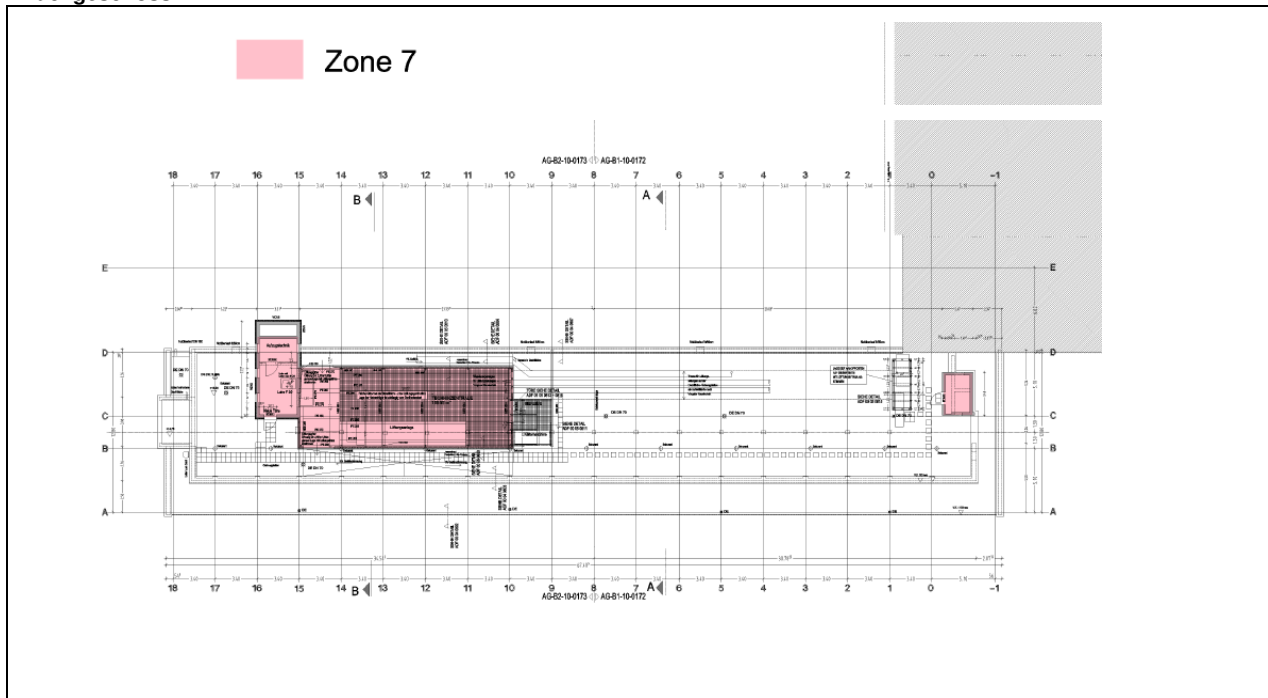


**Anlage 3: DVA – Zonierung nach DIN V 18599**  
 zu Bericht: Kapitel 3.5

**04. Obergeschoss**



**Dachgeschoss**



**Anlage 4:** *DVA – Rechnerischer Nachweis nach 1.-3.WSchVo*  
*zu Bericht: Kapitel 3.5*

Anlage enthält **3** Seiten

**Nachweis nach 1. WSchVo --> tatsächliche Dämmwerte**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m, max}$

| Bauteile                 |   | Umfassungsfläche F <sup>1)</sup>                             | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X F |
|--------------------------|---|--|-------------------|------------|-----------------------|----------------|
|                          |   | nähere Spezifizierung  |                   |            | W/(m <sup>2</sup> K)  | W/K            |
| F <sub>w</sub>           | 1 | Außenwand  | 1630,3            | 1          | 0,31                  | 505            |
|                          | 2 | Außenwand  | 151,7             | 1          | 0,37                  | 56             |
|                          | 3 | Brüstung   | 74,0              | 1          | 0,19                  | 14             |
|                          | 4 | Außenwand  | 79,4              | 1          | 3,5                   | 278            |
|                          | 5 | Türen  | 18,9              | 1          | 2                     | 38             |
|                          | 6 | Türen  | 20,3              | 1          | 1,5                   | 30             |
| F <sub>f</sub>           | 1 | Fensterflächen Nord/West                                     | 350,2             | 1          | 1,5                   | 525            |
|                          | 2 | Fensterflächen Süd/Ost                                       | 379,2             | 1          | 1,5                   | 569            |
|                          | 3 | Fensterflächen Süd/West                                      | 25,0              | 1          | 1,5                   | 38             |
|                          | 4 | Fensterflächen Nord/Ost                                      | 0,6               | 1          | 1,5                   | 1              |
| F <sub>d</sub>           | 1 | wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 903,6             | 0,8        | 0,231                 | 167            |
|                          | 2 |  |                   | 0,8        | 0,674                 | 0              |
|                          | 3 | Anbau  | 398,6             | 0,8        | 0,195                 | 62             |
| F <sub>g</sub>           | 1 | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich |                   | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 2 |  |                   | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 3 |  |                   | 0,5        |                       | 0              |
| F <sub>dl</sub>          | 1 | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 50,9              | 1          | 0,246                 | 13             |
|                          | 2 |  |                   | 1          |                       | 0              |
| F <sub>ab</sub>          | 1 | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 1199,0            | 0,5        | 0,38                  | 228            |
|                          | 2 |  |                   | 0,5        | 0,613                 | 0,0000         |
|                          | 3 |  |                   | 0,5        |                       | 0              |
| Summe Umfassungsfläche F |   |  | <b>5281,7</b>     |            |                       | <b>2524</b>    |

beheiztes Raumvolumen V **15600** m<sup>3</sup>  $k_{m, ist}$  **0,478** W/(m<sup>2</sup>K) **-59,2%**  
 F/V - Verhältnis **0,339** 1/m  $k_{m, max}$  **1,17** W/(m<sup>2</sup>K)

Keller unter 19 °C, daher lt. WSchVo ein anderes F/V-Verhältnis als nach EnEV 2007

2. ANFORDERUNG:  $k_{m, w,F} < 1,85$  W/m<sup>2</sup>

| Teilsommen Faktor x k <sub>w</sub> X F <sub>w</sub> und Faktor x k <sub>f</sub> x F <sub>f</sub> |          |
|--|----------|
| Außenwand  | 922 W/K  |
| Fenster  | 1133 W/K |
| Gesamt   | 2054 W/K |

| Teilsommen der Umfassungsflächen |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Außenwand                        | 1975 m <sup>2</sup>   |
| Fenster                          | 755 m <sup>2</sup>    |
| Gesamt                           | 2729,6 m <sup>2</sup> |

$k_{m, w,F ist}$  **0,75** W/(m<sup>2</sup>K) **-59,3%**  
 $k_{m, w,F max}$  **1,85** W/(m<sup>2</sup>K)

**Nachweis nach 1. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m, max}$

| Bauteile                 |   | Umfassungsfläche F <sup>1)</sup>                             | in m <sup>2</sup> | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X F |
|--------------------------|---|--|-------------------|------------|-----------------------|----------------|
|                          |   | nähere Spezifizierung  |                   |            | W/(m <sup>2</sup> K)  | W/K            |
| F <sub>w</sub>           | 1 | Außenwand  | 1630,3            | 1          | 1                     | 1630           |
|                          | 2 | Außenwand  | 151,7             | 1          | 1                     | 152            |
|                          | 3 | Brüstung   | 74,0              | 1          | 1                     | 74             |
|                          | 4 | Außenwand  | 79,4              | 1          | 3,5                   | 278            |
|                          | 5 | Türen  | 18,9              | 1          | 3,5                   | 66             |
|                          | 6 | Türen  | 20,3              | 1          | 3,5                   | 71             |
| F <sub>f</sub>           | 1 | Fensterflächen Nord  | 350,2             | 1          | 3,5                   | 1226           |
|                          | 2 | Fensterflächen Ost   | 379,2             | 1          | 3,5                   | 1327           |
|                          | 3 | Fensterflächen Süd   | 25,0              | 1          | 3,5                   | 88             |
|                          | 4 | Fensterflächen West  | 0,6               | 1          | 3,5                   | 2              |
| F <sub>d</sub>           | 1 | wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 903,6             | 0,8        | 0,60                  | 434            |
|                          | 2 |  |                   | 0,8        |                       | 0              |
|                          | 3 | Anbau  | 398,6             | 0,8        | 0,60                  | 191            |
| F <sub>g</sub>           | 1 | Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | 0,0               | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 2 |  | 0,0               | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 3 |  | 0,0               | 0,5        |                       | 0              |
| F <sub>dl</sub>          | 1 | Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 50,9              | 1          | 0,6                   | 31             |
|                          | 2 |  | 0,0               | 1          |                       | 0              |
| F <sub>ab</sub>          | 1 | Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 1199,0            | 0,5        | 1,0                   | 600            |
|                          | 2 |  | 0,0               | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 3 |  | 0,0               | 0,5        |                       | 0              |
| Summe Umfassungsfläche F |   |  | <b>5281,7</b>     |            |                       | <b>6169</b>    |

1,25 beheiztes Raumvolumen V **15600** m<sup>3</sup>  $k_{m, ist}$  **1,17** W/(m<sup>2</sup>K) **-0,3%**  
 F/V - Verhältnis **0,339** 1/m  $k_{m, max}$  **1,17** W/(m<sup>2</sup>K)

Keller unter 19 °C, daher lt. WSchVo ein anderes F/V-Verhältnis als nach EnEV 2007

2. ANFORDERUNG:  $k_{m, w,F} < 1,85$  W/m<sup>2</sup>

| Teilsommen Faktor x k <sub>w</sub> X F <sub>w</sub> und Faktor x k <sub>f</sub> x F <sub>f</sub> |          |
|--|----------|
| Fenster  | 2271 W/K |
| Fenster  | 2643 W/K |
| Gesamt   | 4914 W/K |

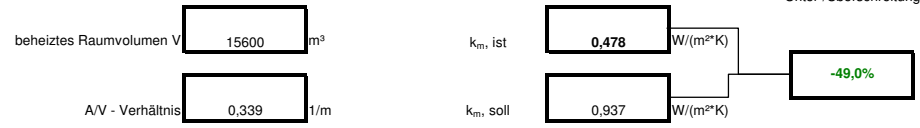
| Teilsommen der Umfassungsflächen |                       |
|----------------------------------|-----------------------|
| Außenwand                        | 1975 m <sup>2</sup>   |
| Fenster                          | 755 m <sup>2</sup>    |
| Gesamt                           | 2729,6 m <sup>2</sup> |

$k_{m, w,F ist}$  **1,80** W/(m<sup>2</sup>K) **-2,7%**  
 $k_{m, w,F max}$  **1,85** W/(m<sup>2</sup>K)

**Nachweis nach 2. WSchVo ----> tatsächliche Dämmwerte**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m, max}$

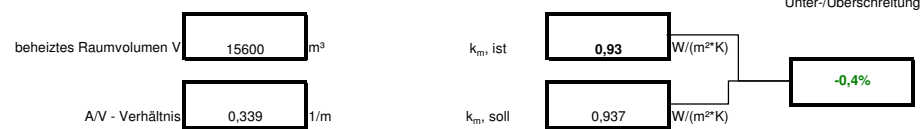
| Umfassungsfläche A       |  |                          |               | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X A |
|--------------------------|--|--------------------------|---------------|------------|-----------------------|----------------|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m²                    | -             | W/(m²K)    | W/K                   |                |
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | WDVS                     | 1630,3        | 1          | 0,31                  | 505            |
|                          | 2  | hinterlüftet             | 151,7         | 1          | 0,37                  | 56             |
|                          | 3  | Brüstung                 | 74,0          | 1          | 0,19                  | 14             |
|                          | 4  | Glassteine               | 79,4          | 1          | 3,5                   | 278            |
|                          | 5 Türen  | 0                        | 18,9          | 1          | 2                     | 38             |
|                          | 6 Türen  | Hauseingang              | 20,3          | 1          | 1,5                   | 30             |
| A <sub>f</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  | Fensterflächen Nord/West | 350,2         | 1          | 1,5                   | 525            |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   | Fensterflächen Süd/Ost   | 379,2         | 1          | 1,5                   | 569            |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   | Fensterflächen Süd/West  | 25,0          | 1          | 1,5                   | 38             |
|                          | 4 Fensterflächen West  | Fensterflächen Nord/Ost  | 0,6           | 1          | 1,5                   | 1              |
| A <sub>0</sub>           | 1 wärme gedämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                   | 0                        | 903,6         | 0,8        | 0,231                 | 167            |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 0,8        | 0,674                 | 0              |
| A <sub>G</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Kellerdecke              | 0,0           | 0,5        | 0                     | 0              |
|                          | 2  | Bodenplatte              | 0,0           | 0,5        | 0                     | 0              |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich      | 0,0           | 0,5        | 0                     | 0              |
| A <sub>DL</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                        | 50,9          | 1          | 0,246                 | 13             |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 1          | 0                     | 0              |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 0                        | 1199,0        | 0,5        | 0,38                  | 228            |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 0,5        | 0,613                 | 0,0000         |
|                          | 3  | 0                        | 0,0           | 0,5        | 0                     | 0              |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                          | <b>5281,7</b> | m²         |                       | <b>2524</b>    |



Keller unter 19°C, daher lt. WSchVo ein anderes F/V-Verhältnis als nach EnEV 2007

**Nachweis nach 2. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

| Umfassungsfläche A       |  |                          |               | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup> | Faktor x k X A |
|--------------------------|--|--------------------------|---------------|------------|-----------------------|----------------|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m²                    | -             | W/(m²K)    | W/K                   |                |
| A <sub>w</sub>           | 1 Außenwand  | WDVS                     | 1630,3        | 1          | 0,8                   | 1304           |
|                          | 2  | hinterlüftet             | 151,7         | 1          | 0,8                   | 121            |
|                          | 3  | Brüstung                 | 74,0          | 1          | 0,8                   | 59             |
|                          | 4  | Glassteine               | 79,4          | 1          | 3,5                   | 278            |
|                          | 5 Türen  | 0                        | 18,9          | 1          | 2,8                   | 53             |
|                          | 6 Türen  | Hauseingang              | 20,3          | 1          | 2,8                   | 57             |
| A <sub>f</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  | Fensterflächen Nord/West | 350,2         | 1          | 2,8                   | 981            |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   | Fensterflächen Süd/Ost   | 379,2         | 1          | 2,8                   | 1062           |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   | Fensterflächen Süd/West  | 25,0          | 1          | 2,8                   | 70             |
|                          | 4 Fensterflächen West  | Fensterflächen Nord/Ost  | 0,6           | 1          | 2,8                   | 2              |
| A <sub>0</sub>           | 1 wärme gedämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                   | 0                        | 903,6         | 0,8        | 0,60                  | 434            |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 0,8        | 0,60                  | 0              |
| A <sub>G</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Kellerdecke              | 0,0           | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 2  | Bodenplatte              | 0,0           | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich      | 0,0           | 0,5        |                       | 0              |
| A <sub>DL</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                        | 50,9          | 1          | 0,6                   | 31             |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 1          |                       | 0              |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 0                        | 1199,0        | 0,5        | 0,8                   | 480            |
|                          | 2  | 0                        | 0,0           | 0,5        |                       | 0              |
|                          | 3  | 0                        | 0,0           | 0,5        |                       | 0              |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                          | <b>5281,7</b> | m²         |                       | <b>4930</b>    |



2-fach Verglasung  
g-Wert 0,75

**Nachweis nach 3. WSchVo ----> tatsächliche Dämmwerte**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

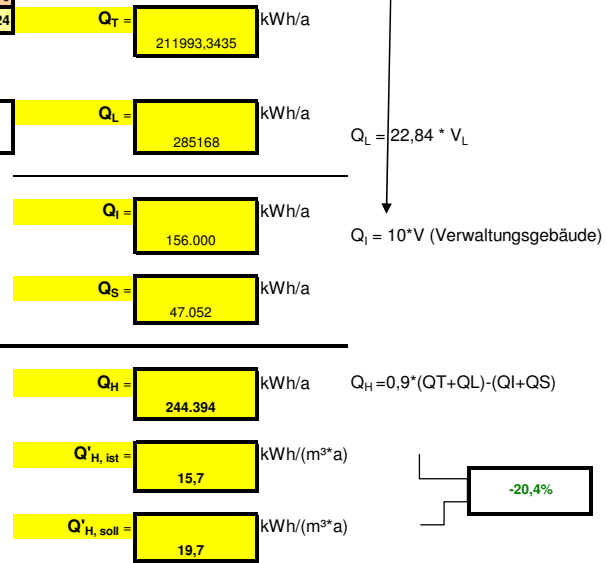
| Umfassungsfläche A       |  |                          |             | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup><br>W/(m²K) | Faktor x k X A<br>W/K |    |
|--------------------------|--|--------------------------|-------------|------------|----------------------------------|-----------------------|----|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m²                    |             |            |                                  |                       |    |
| A <sub>W</sub>           | 1 Außenwand  | WDVS                     | 1630,3      | 1          | 0,31                             | 505                   |    |
|                          | 2  | hinterlüftet             | 151,7       | 1          | 0,37                             | 56                    |    |
|                          | 3  | Brüstung                 | 74,0        | 1          | 0,19                             | 14                    |    |
|                          | 4  | Glassteine               | 79,4        | 1          | 3,5                              | 278                   |    |
|                          | 5  | Türen                    | 0           | 18,9       | 1                                | 2                     | 38 |
|                          | 6  | Türen                    | Hauseingang | 20,3       | 1                                | 1,5                   | 30 |
| A <sub>F</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  | Fensterflächen Nord/West | 350,2       | 1          | 1,5                              | 525                   |    |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   | Fensterflächen Süd/Ost   | 379,2       | 1          | 1,5                              | 569                   |    |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   | Fensterflächen Süd/West  | 25,0        | 1          | 1,5                              | 38                    |    |
|                          | 4 Fensterflächen West  | Fensterflächen Nord/Ost  | 0,6         | 1          | 1,5                              | 1                     |    |
| A <sub>D</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 0                        | 903,6       | 0,8        | 0,231                            | 167                   |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 0,8        | 0,674                            | 0                     |    |
| A <sub>B</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Kellerdecke              | 0,0         | 0,5        | 0                                | 0                     |    |
|                          | 2  | Bodenplatte              | 0,0         | 0,5        | 0                                | 0                     |    |
| A <sub>DL</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                        | 50,9        | 1          | 0,246                            | 13                    |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 1          | 0                                | 0                     |    |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich      | 0,0         | 0,5        | 0                                | 0                     |    |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 0                        | 1199,0      | 0,5        | 0,38                             | 228                   |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 0,5        | 0,613                            | 0                     |    |
|                          | 3  | 0                        | 0,0         | 0,5        | 0                                | 0                     |    |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                          | 5281,7      | m²         | Q <sub>T</sub> = 84 x            | 2524                  |    |

| g-Wert | Strahlungsangebot I | Q <sub>S,i</sub><br>= 0,46 * I <sub>i</sub> * g <sub>i</sub> x AF <sub>i,j</sub> |
|--------|---------------------|--|
| 0,6    | 160                 | 15.465   |
| 0,6    | 275                 | 28.781   |
| 0,6    | 400                 | 2.760  |
| 0,6    | 275                 | 46   |
| Summe  |                     | 47.052   |

beheiztes Raumvolumen V = 15600 m³  
A/V - Verhältnis = 0,339 1/m

Anrechenbares Luftvolumen V<sub>L</sub> = 12480

Keller unter 19°C, daher lt. WSchVo ein anderes F/V-Verhältnis als nach EnEV 2007



**Nachweis nach 3. WSchVo - ALTERNATIV-NACHWEIS für Vergleichsstudie**

1. ANFORDERUNG: mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $k_{m,max}$

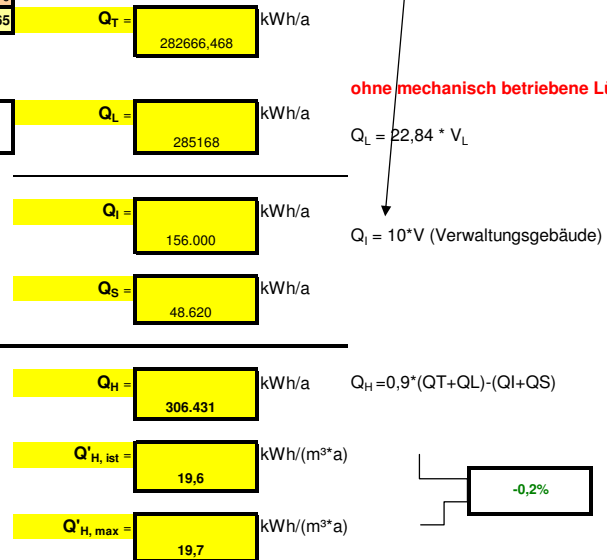
| Umfassungsfläche A       |  |                          |             | Red.faktor | k-Werte <sup>2)</sup><br>W/(m²K) | Faktor x k X A<br>W/K |    |
|--------------------------|--|--------------------------|-------------|------------|----------------------------------|-----------------------|----|
| Bauteile                 | nähere Spezifizierung  | in m²                    |             |            |                                  |                       |    |
| A <sub>W</sub>           | 1 Außenwand  | WDVS                     | 1630,3      | 1          | 0,4                              | 652                   |    |
|                          | 2  | hinterlüftet             | 151,7       | 1          | 0,4                              | 61                    |    |
|                          | 3  | Brüstung                 | 74,0        | 1          | 0,4                              | 30                    |    |
|                          | 4  | Glassteine               | 79,4        | 1          | 3,5                              | 278                   |    |
|                          | 5  | Türen                    | 0           | 18,9       | 1                                | 2,2                   | 42 |
|                          | 6  | Türen                    | Hauseingang | 20,3       | 1                                | 2,2                   | 45 |
| A <sub>F</sub>           | 1 Fensterflächen Nord  | Fensterflächen Nord/West | 350,2       | 1          | 2,2                              | 770                   |    |
|                          | 2 Fensterflächen Ost   | Fensterflächen Süd/Ost   | 379,2       | 1          | 2,2                              | 834                   |    |
|                          | 3 Fensterflächen Süd   | Fensterflächen Süd/West  | 25,0        | 1          | 2,2                              | 55                    |    |
|                          | 4 Fensterflächen West  | Fensterflächen Nord/Ost  | 0,6         | 1          | 2,2                              | 1                     |    |
| A <sub>D</sub>           | 1 wärmegeämmte Dach- oder Dachdeckenfläche                     | 0                        | 903,6       | 0,8        | 0,40                             |                       |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 0,8        |                                  |                       |    |
| A <sub>B</sub>           | 1 Grundfläche des Gebäudes, Kellerdecken, Wände gegen Erdreich | Kellerdecke              | 0,0         | 0,5        |                                  | 0                     |    |
|                          | 2  | Bodenplatte              | 0,0         | 0,5        |                                  | 0                     |    |
| A <sub>DL</sub>          | 1 Deckenflächen gegen Außenluft nach unten,                    | 0                        | 50,9        | 1          | 0,4                              | 20                    |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 1          |                                  | 0                     |    |
|                          | 3  | Wand gegen Erdreich      | 0,0         | 0,5        |                                  | 0                     |    |
| A <sub>AB</sub>          | 1 Gebäudeteile mit wesentlich niedrigen Gebäudeteilen          | 0                        | 1199,0      | 0,5        | 0,75                             | 450                   |    |
|                          | 2  | 0                        | 0,0         | 0,5        |                                  | 0                     |    |
|                          | 3  | 0                        | 0,0         | 0,5        |                                  | 0                     |    |
| Summe Umfassungsfläche F |  |                          | 5281,7      | m²         | Q <sub>T</sub> = 84 x            | 3365                  |    |

| g-Wert | Strahlungsangebot I | Q <sub>S,i</sub><br>= 0,46 * I <sub>i</sub> * g <sub>i</sub> x AF <sub>i,j</sub> |
|--------|---------------------|--|
| 0,62   | 160                 | 15.980   |
| 0,62   | 275                 | 29.741   |
| 0,62   | 400                 | 2.852  |
| 0,62   | 275                 | 47   |
| Summe  |                     | 48.620   |

beheiztes Raumvolumen V = 15600 m³  
A/V - Verhältnis = 0,339 1/m

Anrechenbares Luftvolumen V<sub>L</sub> = 12480

ohne mechanisch betriebene Lüftungsanlage





## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs (oberirdischer Teil)

Maßgebende Normen und Verordnungen:

Energieeinsparverordnung 2001 (EnEV)

DIN V 4108-6:2000, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2001, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2001, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN EN 832:1998, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:1996, Bauteile - Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Bürogebäude DVA-Neckarstraße

Nachweisverfahren **MB-V** nach EN 832 / DIN V 4108-6

Monatsbilanzverfahren für neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Die Wärmebrückeneinflüsse werden mit einem pauschalen, spezifischen Wärmebrückenzuschlag für alle Hüllflächen berücksichtigt.

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort **Deutschland**, 50°00' Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9\text{ °C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.10)$

#### Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs

| Hüllfläche                 | A                 | U                    | $F_x$ | Anmerkung        | $L_D$ |
|----------------------------|-------------------|----------------------|-------|------------------|-------|
|                            | [m <sup>2</sup> ] | [W/m <sup>2</sup> K] | [-]   |                  | [W/K] |
| <b>Dach:</b>               |                   |                      |       |                  |       |
| 1 FD1/FD2 Flachdach        | -                 | 903,6                | 0,231 | 1,00 $F_D$ 50    | 299,1 |
| 2 FD6 Flachdach Anbau E    | -                 | 398,6                | 0,195 | 1,00 $F_D$ 50    | 117,6 |
| <b>Fenster und Türen:</b>  |                   |                      |       |                  |       |
| 3 Türen                    | -                 | 19,0                 | 2,000 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 39,8  |
| 4 Türe Haupteingänge       | -                 | 20,3                 | 1,500 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 32,4  |
| 5 FF1 Fenster süd-west SW  |                   | 25,0                 | 1,500 | 1,00 $F_F$ 02 50 | 40,0  |
| 6 FF2 Fenster nord-west NW |                   | 350,2                | 1,500 | 1,00 $F_F$ 02 50 | 560,4 |
| 7 FF3 Fenster süd-ost SO   |                   | 379,2                | 1,500 | 1,00 $F_F$ 02 50 | 606,7 |
| 8 FF4 Fenster nord-ost NO  |                   | 0,6                  | 1,500 | 1,00 $F_F$ 02 50 | 1,0   |
| <b>Außenwand:</b>          |                   |                      |       |                  |       |
| 9 AW2 WDVS                 | -                 | 1630,3               | 0,300 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 652,1 |
| 10 AW3 hinterlüft. Verkl   | -                 | 151,7                | 0,370 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 71,3  |
| 11 AW5 Brüstung EG         | -                 | 74,0                 | 0,190 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 21,5  |
| 12 AW8 Glassteine          | -                 | 79,4                 | 3,500 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 285,7 |
| 13 ABL 1 Decke gegen Auß   | -                 | 50,9                 | 0,255 | 1,00 $F_{AW}$ 50 | 18,1  |
| 14 FuD1 Boden EG gegen n   | -                 | 1199,0               | 0,378 | 0,50 $F_u$ 08 50 | 346,5 |

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 5.281,8 \quad \Sigma L_D + H_u + L_S \text{ [W/K]} = 3.092,2$$

**Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004**  
zu Bericht: Kapitel 3.5

*Anmerkungen*

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird ohne weiteren Nachweis pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/m²K berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)  
 $H_T = \sum U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = 3092,2 \text{ W/K}$  (0,59 W/m²K)

**Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen**

| Bezeichnung     | Volumenermittlung | V [m³]  |
|-----------------|-------------------|---------|
| 1 Bruttovolumen | 15600             | 15600,0 |

Beheiztes Gebäudevolumen (EnEV A1, 1.3)  $V_e = 15.600 \text{ m}^3$   
Gebäudenutzfläche  $A_N = 0,32 \cdot V_e = 4.992 \text{ m}^2$   
beheiztes Luftvolumen  $V_L = 0,80 \cdot V_e = 12.480 \text{ m}^3$

**Lüftungswärmeverluste**

Luftvolumen Netto-Luftvolumen  $V_N = V_L = 12480 \text{ m}^3$   
Lüftung freie Lüftung,  $n = 0,70 \text{ h}^{-1}$

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0.34 \cdot n \cdot V_N = 2970,2 \text{ W/K}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

**Interne Wärmegewinne**

Nutzfläche  $A_N = 0,32 \cdot V = 4.992 \text{ m}^2$   
Wärmeleistung Bürogebäude (Anhang D.3),  $q_{i,M} = 6,0 \text{ W/m}^2$

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N = 29.952 \text{ W}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite  $50^\circ,00'$

| Kollektorfläche | A [m <sup>2</sup> ] |         | g <sub>L</sub> | F <sub>F</sub> | F <sub>C</sub> | F <sub>H</sub> | F <sub>O</sub> | F <sub>f</sub> | A <sub>s</sub> |
|-----------------|---------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fenster         |                     |         |                |                |                |                |                |                |                |
| 5 FF1 Fenster   | 25,0                | S-W 90° | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                |                | 2,6            |
| 6 FF2 Fenster   | 350,2               | N-W 90° | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                |                | 35,7           |
| 7 FF3 Fenster   | 379,2               | S-O 90° | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                |                | 38,7           |
| 8 FF4 Fenster   | 0,6                 | N-O 90° | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                |                | 0,1            |

$A_s [m^2] = A * 0,90 * g_L * F_F * F_C * F_s$  mit  $F_s = F_H * F_O * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)

$F_F$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_H$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_O$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,60: g<sub>L</sub> der Sonnenschutzverglasung

F<sub>C</sub>-Werte - Annahme für den öffentlich-rechtlichen Nachweis,  $F_C = 0,90$  - Sonnenschutzvorrichtung aus außenliegenden Jalousien,  $F_C = 0,30$

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_s$  wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

Strahlungsintensitäten für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ]                   | Aug | Sep | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr  |
|---------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| - 0°                                  | 179 | 135 | 75   | 39   | 22   | 33   | 52   | 82   | 190  |
| Süd 90°                               | 112 | 115 | 81   | 54   | 33   | 56   | 61   | 80   | 137  |
| West 90°                              | 115 | 90  | 51   | 28   | 15   | 25   | 37   | 53   | 125  |
| Nord 90°                              | 70  | 48  | 33   | 18   | 10   | 14   | 23   | 34   | 64   |
| Ost 90°                               | 115 | 90  | 51   | 28   | 15   | 25   | 37   | 53   | 125  |
| Kollektorfläche                       |     |     | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr  |
| Fenster                               |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
| 5 FF1 Fenster süd-west                |     |     | 176  | 112  | 66   | 112  | 133  | 179  | 358  |
| 6 FF2 Fenster nord-west               |     |     | 1251 | 643  | 357  | 500  | 894  | 1358 | 3181 |
| 7 FF3 Fenster süd-ost                 |     |     | 2670 | 1703 | 1006 | 1703 | 2012 | 2709 | 5418 |
| 8 FF4 Fenster nord-ost                |     |     | 2    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 6    |
| solare Wärmeströme $\Sigma\Phi_s$ [W] |     |     | 4100 | 2460 | 1431 | 2316 | 3040 | 4248 | 8962 |
| $\Sigma\Phi_s * t$ [kWh]              |     |     | 3050 | 1771 | 1064 | 1723 | 2043 | 3161 | 6453 |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

### Wirksame Wärmespeicherfähigkeit (DIN V 4108-6, 6.5.2)

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken

$c_{\text{wirk}} = 15,0$  [Wh/m<sup>3</sup>K],  $c_{\text{wirk}} * V_e = 234.000$  [Wh/K]

Parameter  $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H * \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H * 16) = 1 + 14625 / H$  (Gl.75, monatlich)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{isb} = 15,0$  °C

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{pp} = 1.5 * (H_T + H_V) * 31 = 242.439$  W

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 9984$  W

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 * V_e = 187.200$  Wh/K

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{inh}$<br>°C | $\theta_{i1}$<br>°C | $t_{nh}$<br>h | $t_{sb}$<br>h | $t_{bh}$<br>h | $\theta_{co}$<br>°C | $\theta_{c1}$<br>°C | $\theta_{c2}$<br>°C | $\theta_{c3}$<br>°C | $\Delta Q_{ilj}$<br>kWh | $\Delta Q_{i1}$<br>kWh |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Jan | -1,3             | -1,3                 | 15,0                | 7,0           | 0,0           | 3,1           | 19,3                | 15,8                | 15,8                | 18,3                | 105,0                   | 3254                   |
| Feb | 0,6              | 0,6                  | 15,4                | 7,0           | 0,0           | 2,5           | 19,3                | 16,1                | 16,1                | 18,2                | 90,8                    | 2542                   |
| Mär | 4,1              | 4,1                  | 16,1                | 7,0           | 0,0           | 1,5           | 19,2                | 16,7                | 16,7                | 18,1                | 68,2                    | 2115                   |
| Apr | 9,5              | 9,5                  | 17,2                | 7,0           | 0,0           | 0,3           | 19,1                | 17,5                | 17,5                | 17,8                | 40,4                    | 1213                   |
| Mai | 12,9             | 12,9                 | 17,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,1                | 18,0                | 18,0                | 18,0                | 25,8                    | 801                    |
| Jun | 15,7             | 15,7                 | 18,4                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,5                | 18,5                | 18,5                | 14,0                    | 419                    |
| Jul | 18,0             | 18,0                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,8                | 18,8                | 18,8                | 4,2                     | 131                    |
| Aug | 18,3             | 18,3                 | 18,9                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,9                | 18,9                | 18,9                | 3,0                     | 92                     |
| Sep | 14,4             | 14,4                 | 18,1                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,1                | 18,3                | 18,3                | 18,3                | 19,5                    | 584                    |
| Okt | 9,1              | 9,1                  | 17,1                | 7,0           | 0,0           | 0,4           | 19,1                | 17,5                | 17,5                | 17,8                | 42,3                    | 1310                   |
| Nov | 4,7              | 4,7                  | 16,2                | 7,0           | 0,0           | 1,3           | 19,2                | 16,8                | 16,8                | 18,0                | 64,8                    | 1943                   |
| Dez | 1,3              | 1,3                  | 15,6                | 7,0           | 0,0           | 2,3           | 19,2                | 16,2                | 16,2                | 18,2                | 85,9                    | 2663                   |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} * [(\theta_{io} - \theta_{inh}) * t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) * t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) * t_{bh}] - C * \zeta * (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} * \dots$  Tage

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{ij} = 17067,5$  kWh/a

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0,34 * 0,50 * V_L = 2.122$  W/K

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 5.214$  W/K

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 * AN / 0.13 = 153.600$  W/K

$H_w$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m<sup>2</sup>)

$$H_w = 262,4 + 88,0 + 97,7 + 38,8 + 31,4 + 38,8 + 542,8 + 587,7 + 0,9 + 586,9 + 63,7 + 37,0 + 100,3 + 281,7 +$$

$$931,3 + 1058,2 + 210,2 + 0,0 + 230,6 = 5.188$$
 W/K

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} * (H_{sb} - H_w - H_v) / (H_{ic} - H_{sb} + H_w + H_v) = -2.068$$
 W/K

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,01$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_w + H_v) = 1,01$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta * C / (\xi * H_{sb}) = 38,13$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta * C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,25$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e * \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \xi * (\theta_{co} - \theta_{cnh}) * \exp(-t_{nh} / \tau_p)$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta * (\theta_{io} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizwärmebedarf

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Gebäudestandort       | Deutschland  |
| Transmissionsverluste | $Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d - \Delta Q_{ij}$  |
| Bauteilverluste       | $\Sigma L_D = 3092 \text{ W/K}$  |
| Heizunterbrechung     | $\Delta Q_{ij}$ monatlich  |
| Lüftung               | $H_V = 2970 \text{ W/K}$   |
| Interne Gewinne       | $\Phi_{i,M} = 29952 \text{ W}$   |
| Solare Gewinne        | $\Phi_S [W]$ (monatlich)   |
| Ausnutzungsgrad       | $\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. $c_{\text{wirk}}$ )<br>$\gamma = Q_g / Q_i$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5) |

|     | $t_A$<br>[°C] | $Q_t$<br>[kWh] | $H_V \cdot \Delta T \cdot d$<br>[kWh] | $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\Phi_S \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\eta$ | $Q_h$<br>[kWh] |
|-----|---------------|----------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------|----------------|
| Jan | -1,3          | 43.447         | 44.860                                | 22.093                                   | 1.709                                | 0,99   | 64.505         |
| Feb | 0,6           | 35.692         | 36.726                                | 19.880                                   | 2.018                                | 0,99   | 50.520         |
| Mär | 4,1           | 32.163         | 32.927                                | 21.725                                   | 3.081                                | 0,97   | 40.284         |
| Apr | 9,5           | 19.937         | 20.316                                | 19.180                                   | 5.739                                | 0,89   | 15.335         |
| Mai | 12,9          | 13.233         | 13.480                                | 16.462                                   | 5.059                                | 0,74   | 5.191          |
| Jun | 15,7          | 6.928          | 7.057                                 | 9.905                                    | 3.460                                | 0,46   | 621            |
| Jul | 18,0          | 2.169          | 2.210                                 | 3.207                                    | 1.167                                | 0,14   | 5              |
| Aug | 18,3          | 1.519          | 1.547                                 | 2.407                                    | 657                                  | 0,11   | 1              |
| Sep | 14,4          | 9.657          | 9.837                                 | 13.917                                   | 3.121                                | 0,65   | 2.456          |
| Okt | 9,1           | 21.466         | 21.878                                | 20.650                                   | 2.826                                | 0,93   | 19.867         |
| Nov | 4,7           | 29.894         | 30.582                                | 21.044                                   | 1.728                                | 0,98   | 37.704         |
| Dez | 1,3           | 38.057         | 39.114                                | 22.020                                   | 1.052                                | 0,99   | 54.099         |
|     | 8,9           | 254.161        | 260.535                               | 192.491                                  | 31.617                               |        | 290.589        |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 290.589 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 58,2 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Heizzeit vom 30. September bis 12. Mai (224 Tage, Gl.27)  
erforderliche Heizleistung, Richtwert 242 kW

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (3092,2) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 3254,4 = 43447,7 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 2970,2 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 44859,5 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 29952,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 22284,3 \text{ kWh}$$

$$\Phi_S \cdot d = 2316,4 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 1723,4 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (22284,3 + 1723,4) / (43447,0 + 44860,1) = 0,27 \quad a = 1 + 234000 / (3092,2 + 2970,2) / 16 = 3,41$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,991 \sim 0,988 \sim 0,975 \sim 0,889 \sim 0,739 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

Ein Wärmebedarf für Warmwasser wird nicht berücksichtigt (Nichtwohngebäude)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: Nah- / Fernwärme, freie Lüftung - Energieträger: , Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler Brennstoff, Strom

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 0,75$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 305.091 \text{ kWh/a}$  ( $61,1 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 1.498 \text{ kWh/a}$  ( $0,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

### Anforderungen

vorh.  $Q_{p'} = 14,0 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  ( $218.058 \text{ kWh/a}$ , siehe Haustechnik)

Anforderungen an Nichtwohngebäude

$A/V = 0,34$

zulässig

vorhanden

---

|  |      |      |          |
|--|------|------|----------|
| 1) $Q_{p'}$ [ $\text{kWh/m}^3\text{a}$ ] | 18,1 | 14,0 | (77,4 %) |
| 2) $H_{T'}$ [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]   | 0,74 | 0,59 | (78,8 %) |

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_{p'}$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Nichtwohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_{T'} = (\Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB}) / \Sigma A = 3.092 / 5.282 = 0,59$   
(DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_{T'}$  nach EnEV, A1, Tab.1 Fensterflächenanteil bis 30%)

**Erfüllt die EnEV, Anhang 1.**

### Sommerlicher Wärmeschutz

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten  $2781 \text{ m}^2$  Fassadenflächen, davon  $2026 \text{ m}^2$  Wandflächen und  $755 \text{ m}^2$  Fensterflächen.  
Der Fensterflächenanteil beträgt 27%.

Ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist nach EnEV §3 nicht erforderlich. Beachten Sie DIN 4108-2 in der gültigen Fassung.

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Begrenzung der Transmissionswärmeverluste (unterirdischer Teil)

Maßgebende Normen und Verordnungen:

Energieeinsparverordnung 2001 (EnEV)

DIN V 4108-6:2000, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2001, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2001, Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen

DIN EN 832:1998, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:1996, Bauteile - Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Bürogebäude DVA-Neckarstraße

Nachweisverfahren für Gebäude mit niedrigen Innentemperaturen EnEV 2001, A2

Die Wärmebrückeneinflüsse werden mit einem pauschalen, spezifischen Wärmebrückenzuschlag für alle Hüllflächen berücksichtigt.

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

#### Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.05)$

| Hüllfläche                             | A<br>[m <sup>2</sup> ] | U<br>[W/m <sup>2</sup> K] | F <sub>x</sub><br>[-] | Anmerkung | L <sub>D</sub><br>[W/K]      |
|--|------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------|------------------------------|
| Dach:                                  |                        |                           |                       |           |                              |
| 1 FD5 Flachdach 01.UG g -              | 121,6                  | 0,674                     | 1,00 F <sub>D</sub>   | 51        | 88,0                         |
| Außenwand:                             |                        |                           |                       |           |                              |
| 2 AW5 Brüstung EG -                    | 80,0                   | 0,190                     | 1,00 F <sub>AW</sub>  | 51        | 19,2                         |
| 3 AW7 Keller gegen Lich -              | 146,6                  | 0,630                     | 1,00 F <sub>AW</sub>  | 51        | 99,7                         |
| 4 AWE Außenwand gegen E -              | 406,0                  | 3,490                     | 0,40 F <sub>bw</sub>  | 13 25 51  | 587,1                        |
| 5 BoP11 Bodenplatte -                  | 1262,0                 | 3,220                     | 0,10 F <sub>G</sub>   | 23 25 51  | 469,5                        |
| 7 FuW1 Wand geg. unbehz                | 162,1                  | 2,745                     | 0,40 F <sub>bw</sub>  | 13 25 51  | 186,1                        |
| 6 FDo1 Decke nach oben -               | 205,5                  | 3,892                     | 0,60 F <sub>do</sub>  |           | 479,8                        |
| $\Sigma A$ [m <sup>2</sup> ] = 2.383,8 |                        |                           |                       |           | $\Sigma L_D$ [W/K] = 1.929,4 |

Bodenplattenmaß  $B' = A_G / (0.5 P) = 1530 / 87 = 17,59$  m (DIN V 4108-6, E.3)

#### Anmerkungen

01 F<sub>x</sub>-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)

13 Wand des beheizten Kellers.

23 Bodenplatte des niedrig beheizten Raumes (12 - 19 °C).

25 F<sub>x</sub>-Tabellenwert für das Bodenplattenmaß  $B' = 1530,00 / 87,00 = 17,59$ .

51 Der Einfluss der Wärmebrücken wird mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,05 W/m<sup>2</sup>K pauschal berücksichtigt. Die Konstruktionshinweise nach DIN 4108, Bbl.2 werden eingehalten.

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Beheiztes Gebäudevolumen

| Bezeichnung                       | Volumenermittlung | V [m <sup>3</sup> ]       |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| 1 Bruttovolumen                   | 7345              | 7345,0                    |
| Gesamtes beheiztes Gebäudevolumen |                   | $V_e = 7.345 \text{ m}^3$ |

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.31)

$$H_T = \Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB} + \Delta H_{T,FH} = \mathbf{1929,4 \text{ W/K}} \quad (0,81 \text{ W/m}^2\text{K})$$

### Nachweis der Begrenzung des spezifischen Transmissionswärmeverlustes

$$\text{Verhältnis } A / V = 2384 / 7345 = 0,32$$

$$\text{vorh. } H_T' = \Sigma L_D / A = 1929 / 2384 = \mathbf{0,81} \leq 0,84 \text{ W/m}^2\text{K} = \text{zul. } H_T' \text{ (EnEV A2, Tab.1)}$$

**Erfüllt die EnEV, Anhang 2.**



## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Berechnung des Heizwärme- und Primärenergiebedarfs (Vergleichstudie)

Maßgebende Normen und Verordnungen:

Energieeinsparverordnung 2001 (EnEV)

DIN V 4108-6:2000, Berechnung des Jahresheizwärme- und des Jahresheizenergiebedarfs

DIN V 4108-2:2001, Mindestanforderungen an den Wärmeschutz

DIN V 4701-10:2001, Energetische Bewertung heiz- und raumlüfttechnischer Anlagen

DIN EN 832:1998, Berechnung des Heizenergiebedarfs, Wohngebäude

DIN EN ISO 6946:1996, Bauteile - Wärmedurchlaßwiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient

DIN EN ISO 13789:1999, Spezifischer Transmissionswärmeverlustkoeffizient

DIN EN ISO 13370:1998, Wärmeübertragung über das Erdreich

DIN EN ISO 10077-1:2000, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen

#### Projekt: Bürogebäude DVA-Neckarstraße

Nachweisverfahren **MB-V** nach EN 832 / DIN V 4108-6

Monatsbilanzverfahren für neu zu errichtende Gebäude mit normalen Innentemperaturen

Die Wärmebrückeneinflüsse werden mit einem pauschalen, spezifischen Wärmebrückenzuschlag für alle Hüllflächen berücksichtigt.

Flächen und Längenangaben beziehen sich auf die Außenmaße.

Standort **Deutschland**, 50°00' Region 0,  $T_{a(\text{im Jahresmittel})} = 8,9^\circ\text{C}$

Sollinnentemperatur = 19,0 °C

Wärmebrückeneinflüsse werden pauschal berücksichtigt  $L_D = A \cdot (U \cdot F_x + 0.10)$

#### Spezifische Wärmeverluste des beheizten Bereichs

| Hüllfläche                |                          | A<br>[m <sup>2</sup> ] | U<br>[W/m <sup>2</sup> K] | F <sub>x</sub><br>[-] | Anmerkung                 | L <sub>D</sub><br>[W/K] |
|---------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------------|
| <b>Dach:</b>              |                          |                        |                           |                       |                           |                         |
| 1                         | FD1/FD2 Flachdach        | -                      | 903,6                     | 0,300                 | 1,00 F <sub>D</sub> 50    | 361,4                   |
| 2                         | FD6 Flachdach Anbau E    | -                      | 398,6                     | 0,300                 | 1,00 F <sub>D</sub> 50    | 159,4                   |
| <b>Fenster und Türen:</b> |                          |                        |                           |                       |                           |                         |
| 3                         | Türen                    | -                      | 18,9                      | 2,200                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 43,6                    |
| 4                         | Türe Haupteingänge       | -                      | 20,3                      | 2,200                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 46,6                    |
| 5                         | FF1 Fenster süd-west SW  |                        | 25,0                      | 2,100                 | 1,00 F <sub>F</sub> 02 50 | 55,1                    |
| 6                         | FF2 Fenster nord-west NW |                        | 350,2                     | 2,100                 | 1,00 F <sub>F</sub> 02 50 | 770,5                   |
| 7                         | FF3 Fenster süd-ost SO   |                        | 379,2                     | 2,100                 | 1,00 F <sub>F</sub> 02 50 | 834,2                   |
| 8                         | FF4 Fenster nord-ost NO  |                        | 0,6                       | 2,100                 | 1,00 F <sub>F</sub> 02 50 | 1,3                     |
| <b>Außenwand:</b>         |                          |                        |                           |                       |                           |                         |
| 9                         | AW2 WDVS                 | -                      | 1630,3                    | 0,350                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 733,6                   |
| 10                        | AW3 hinterlüft. Verkl    | -                      | 151,7                     | 0,350                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 68,3                    |
| 11                        | AW5 Brüstung EG          | -                      | 74,0                      | 0,350                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 33,3                    |
| 12                        | AW8 Glassteine           | -                      | 79,4                      | 3,500                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 285,7                   |
| 13                        | ABL 1 Decke gegen Auß    | -                      | 50,9                      | 0,300                 | 1,00 F <sub>AW</sub> 50   | 20,4                    |
| 14                        | FuD1 Boden EG gegen n    | -                      | 1199,0                    | 0,650                 | 0,50 F <sub>u</sub> 08 50 | 509,6                   |

$$\Sigma A \text{ [m}^2\text{]} = 5.281,8$$

$$\Sigma L_D + H_u + L_S \text{ [W/K]} = 3.923,0$$

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Anmerkungen

- 01 Fx-Werte nach DIN V 4108-6, Tab.3 (Regelfall)
- 02 Die solaren Gewinne werden gesondert ermittelt (siehe unten).
- 08 Wärmeverluste zum unbeheizten Raum.
- 50 Der Einfluss der Wärmebrücken wird ohne weiteren Nachweis pauschal mit einem U-Wert-Zuschlag von 0,10 W/m<sup>2</sup>K berücksichtigt.

spezifischer Transmissionswärmeverlust (DIN 4108-6, Gl.28)

$$H_T = \sum U_i \cdot A_i + H_u + L_s + H_{WB} + \Delta H_{T,FH} = \mathbf{3923,0 \text{ W/K}} \quad (0,74 \text{ W/m}^2\text{K})$$

### Beheiztes Gebäude- und Luftvolumen

| Bezeichnung     | Volumenermittlung | V [m <sup>3</sup> ] |
|-----------------|-------------------|---------------------|
| 1 Bruttovolumen | 15600             | 15600,0             |

|   |                          |                       |
|---|--------------------------|-----------------------|
| Beheiztes Gebäudevolumen (EnEV A1, 1.3) | $V_e =$                  | 15.600 m <sup>3</sup> |
| Gebäudenutzfläche                       | $A_N = 0,32 \cdot V_e =$ | 4.992 m <sup>2</sup>  |
| beheiztes Luftvolumen                   | $V_L = 0,80 \cdot V_e =$ | 12.480 m <sup>3</sup> |

### Lüftungswärmeverluste

|             |                                 |                      |
|-------------|---------------------------------|----------------------|
| Luftvolumen | Netto-Luftvolumen $V_N = V_L =$ | 12480 m <sup>3</sup> |
| Lüftung     | freie Lüftung, $n =$            | 0,70 h <sup>-1</sup> |

Spezifischer Lüftungswärmeverlust  $H_V = 0.34 \cdot n \cdot V_N = \mathbf{2970,2 \text{ W/K}}$  (DIN V 4108-6, 6.2)

### Interne Wärmegewinne

|               |                                       |                      |
|---------------|---------------------------------------|----------------------|
| Nutzfläche    | $A_N = 0,32 \cdot V =$                | 4.992 m <sup>2</sup> |
| Wärmeleistung | Bürogebäude (Anhang D.3), $q_{i,M} =$ | 6,0 W/m <sup>2</sup> |

Brutto-Wärmegewinne  $\Phi_{i,M} = q_{i,M} \cdot A_N = \mathbf{29.952 \text{ W}}$  (DIN V 4108-6, 6.3)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004 zu Bericht: Kapitel 3.5

### Solare Wärmegewinne

Effektive Kollektorflächen  $A_s$  für Deutschland, nördliche Breite  $50^\circ,00'$

| Kollektorfläche | A [m <sup>2</sup> ] |     | g <sub>⊥</sub> | F <sub>F</sub> | F <sub>C</sub> | F <sub>h</sub> | F <sub>O</sub> | F <sub>f</sub> | A <sub>s</sub> |
|-----------------|---------------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Fenster         |                     |     |                |                |                |                |                |                |                |
| 5 FF1 Fenster   | 25,0                | S-W | 90°            | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                | 2,6            |
| 6 FF2 Fenster   | 350,2               | N-W | 90°            | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                | 35,7           |
| 7 FF3 Fenster   | 379,2               | S-O | 90°            | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                | 38,7           |
| 8 FF4 Fenster   | 0,6                 | N-O | 90°            | 0,60           | 0,70           | 0,30           | 0,90           |                | 0,1            |

$A_s [m^2] = A * 0,90 * g_{\perp} * F_F * F_C * F_s$  mit  $F_s = F_h * F_o * F_f$  (DIN V 4108-6, Gl.54)

$F_F$  berücksichtigt den Rahmenanteil der Fenster. Abminderungsfaktor  $F_C$  für permanente Sonnenschutzvorrichtungen, Teilbestrahlungsfaktoren  $F_h$  für Horizontwinkel der Verbauung,  $F_o$  für horizontale Überhänge und  $F_f$  für seitliche Abschattungsflächen nach DIN V 4108-6, Tab.7 ff.

g-Werte der transparenten Flächen, sh. DIN V 4108-6, Gl.55: # 0,60: g<sub>⊥</sub> der Sonnenschutzverglasung

F<sub>C</sub>-Werte - Annahme für den öffentlich-rechtlichen Nachweis,  $F_C = 0,90$  - Sonnenschutzvorrichtung aus außenliegenden Jalousien,  $F_C = 0,30$

Die Summe der Teilbestrahlungsfaktoren  $F_s$  wird für den öffentlich-rechtlichen Nachweis mit 0.9 angenommen

Strahlungsintensitäten für Deutschland DIN V 4108-6, Tab A.1

| [W/m <sup>2</sup> ]                   | Aug | Sep | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr  |
|---------------------------------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| - 0°                                  | 179 | 135 | 75   | 39   | 22   | 33   | 52   | 82   | 190  |
| Süd 90°                               | 112 | 115 | 81   | 54   | 33   | 56   | 61   | 80   | 137  |
| West 90°                              | 115 | 90  | 51   | 28   | 15   | 25   | 37   | 53   | 125  |
| Nord 90°                              | 70  | 48  | 33   | 18   | 10   | 14   | 23   | 34   | 64   |
| Ost 90°                               | 115 | 90  | 51   | 28   | 15   | 25   | 37   | 53   | 125  |
| Kollektorfläche                       |     |     | Okt  | Nov  | Dez  | Jan  | Feb  | Mrz  | Apr  |
| Fenster                               |     |     |      |      |      |      |      |      |      |
| 5 FF1 Fenster süd-west                |     |     | 176  | 112  | 66   | 112  | 133  | 179  | 358  |
| 6 FF2 Fenster nord-west               |     |     | 1251 | 643  | 357  | 500  | 894  | 1358 | 3181 |
| 7 FF3 Fenster süd-ost                 |     |     | 2670 | 1703 | 1006 | 1703 | 2012 | 2709 | 5418 |
| 8 FF4 Fenster nord-ost                |     |     | 2    | 1    | 1    | 1    | 2    | 2    | 6    |
| solare Wärmeströme $\Sigma\Phi_s$ [W] |     |     | 4100 | 2460 | 1431 | 2316 | 3040 | 4248 | 8962 |
| $\Sigma\Phi_s * t$ [kWh]              |     |     | 3050 | 1771 | 1064 | 1723 | 2043 | 3161 | 6453 |

Die solaren Wärmegewinne werden monatlich berechnet (sh. unten).

### Wirksame Wärmespeicherfähigkeit (DIN V 4108-6, 6.5.2)

Vereinfachter Ansatz für leichte Gebäude ohne massive Innenbauteile oder mit abgehängten Decken

$c_{\text{wirk}} = 15,0$  [Wh/m<sup>3</sup>K],  $c_{\text{wirk}} * V_e = 234.000$  [Wh/K]

Parameter  $a = a_0 + c_{\text{wirk}} / (H * \tau_0) = 1 + c_{\text{wirk}} / (H * 16) = 1 + 14625 / H$  (Gl.75, monatlich)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizunterbrechung

Abschaltbetrieb während der Nachtstunden (DIN V 4108-6, D.3 und Anhang C)

Nachtabenkung für  $t_u = 7,0$  Stunden

Mindest-Innentemperatur  $\theta_{isb} = 15,0^\circ\text{C}$

Heizungsanlage mit Nennleistung  $\Phi_{pp} = 1.5 \cdot (H_T + H_V) \cdot 31 = 281.076 \text{ W}$

Abschaltbetrieb

Interne Gewinne während der Nachtabenkung  $\Phi_g = 9984 \text{ W}$

Wirksame Wärmespeicherfähigkeit  $C_{\text{wirk, Heizunterbrechung}} = 12,0 \cdot V_e = 187.200 \text{ Wh/K}$

|     | $\theta_e$<br>°C | $\theta_{inh}$<br>°C | $\theta_{i1}$<br>°C | $t_{nh}$<br>h | $t_{sb}$<br>h | $t_{bh}$<br>h | $\theta_{co}$<br>°C | $\theta_{c1}$<br>°C | $\theta_{c2}$<br>°C | $\theta_{c3}$<br>°C | $\Delta Q_{ilj}$<br>kWh | $\Delta Q_{i1}$<br>kWh |
|-----|------------------|----------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Jan | -1,3             | -1,3                 | 14,5                | 5,9           | 1,1           | 2,9           | 19,2                | 15,8                | 15,4                | 18,1                | 134,7                   | 4176                   |
| Feb | 0,6              | 0,6                  | 14,9                | 6,8           | 0,2           | 2,4           | 19,2                | 15,7                | 15,6                | 18,0                | 120,4                   | 3372                   |
| Mär | 4,1              | 4,1                  | 15,7                | 7,0           | 0,0           | 1,5           | 19,1                | 16,2                | 16,2                | 17,8                | 90,8                    | 2816                   |
| Apr | 9,5              | 9,5                  | 16,9                | 7,0           | 0,0           | 0,3           | 19,1                | 17,2                | 17,2                | 17,6                | 53,9                    | 1618                   |
| Mai | 12,9             | 12,9                 | 17,6                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,1                | 17,9                | 17,9                | 17,9                | 34,5                    | 1069                   |
| Jun | 15,7             | 15,7                 | 18,3                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,4                | 18,4                | 18,4                | 18,7                    | 560                    |
| Jul | 18,0             | 18,0                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,8                | 18,8                | 18,8                | 5,7                     | 175                    |
| Aug | 18,3             | 18,3                 | 18,8                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,9                | 18,9                | 18,9                | 4,0                     | 123                    |
| Sep | 14,4             | 14,4                 | 18,0                | 7,0           | 0,0           | 0,0           | 19,0                | 18,1                | 18,1                | 18,1                | 26,0                    | 780                    |
| Okt | 9,1              | 9,1                  | 16,8                | 7,0           | 0,0           | 0,3           | 19,1                | 17,2                | 17,2                | 17,6                | 56,4                    | 1747                   |
| Nov | 4,7              | 4,7                  | 15,8                | 7,0           | 0,0           | 1,3           | 19,1                | 16,3                | 16,3                | 17,8                | 86,2                    | 2587                   |
| Dez | 1,3              | 1,3                  | 15,1                | 7,0           | 0,0           | 2,2           | 19,1                | 15,7                | 15,7                | 17,9                | 114,2                   | 3541                   |

Reduzierung der Wärmeverluste durch eine Heizunterbrechung

$$\Delta Q_{ij} = H_{sb} \cdot [(\theta_{io} - \theta_{inh}) \cdot t_{nh} + (\theta_{io} - \theta_{sb}) \cdot t_{isb} + (\theta_{io} - \theta_{ipp}) \cdot t_{bh}] - C \cdot \zeta \cdot (\theta_{co} - \theta_{c1} + \theta_{c2} - \theta_{c3})$$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Monat  $\Delta Q_{ij} = \Delta Q_{ij} \cdot \dots \text{Tage}$

Reduzierung der Wärmeverluste in einem Jahr  $Q_{NA} = \Sigma \Delta Q_{ij} = 22562,8 \text{ kWh/a}$

$H_V$  Spezifischer Lüftungswärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $0.34 \cdot 0.50 \cdot V_L = 2.122 \text{ W/K}$

$H_{sb}$  Spezifischer Wärmeverlust während der Heizunterbrechung =  $H_T + H_V = 6.045 \text{ W/K}$

$H_{ic}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Bauteilen und dem Innenraum =  $4 \cdot AN / 0.13 = 153.600 \text{ W/K}$

$H_W$  Spezifischer Wärmeverlust aller leichten Bauteile (60 kg/m<sup>2</sup>)

$$H_W = 262,4 + 88,0 + 97,7 + 38,8 + 31,4 + 38,8 + 542,8 + 587,7 + 0,9 + 586,9 + 63,7 + 37,0 + 100,3 + 281,7 + 931,3 + 1058,2 + 210,2 + 0,0 + 230,6 = 5.188 \text{ W/K}$$

$H_{ce}$  Spezifischer Wärmeverlust zwischen den Innenbauteilen und außen

$$H_{ce} = H_{ic} \cdot (H_{sb} - H_W - H_V) / (H_{ic} - H_{sb} + H_W + H_V) = -1.255 \text{ W/K}$$

$\zeta$  Wirksamer Anteil der Wärmespeicherfähigkeit =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_{ce}) = 1,01$

$\xi$  Verhältniswert =  $H_{ic} / (H_{ic} + H_W + H_V) = 1,01$

$\tau_p$  Reaktionszeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Heizleistung =  $\zeta \cdot C / (\xi \cdot H_{sb}) = 32,71$

$\tau_T$  Ansprechzeit der Bauteiltemperatur auf einen Wechsel der Lufttemperatur =  $\zeta \cdot C / (H_{ce} + H_{ic}) = 1,24$

$\theta_e$  Außentemperatur

$\theta_{inh}$  niedrigste, erreichbare Innentemperatur (im Abschaltbetrieb  $\theta_e$ , abgesenkt  $\theta_e \cdot \Phi_{rp} / H_{sb}$ )

$\theta_{ipp}$  höchstmögliche Innentemperatur ( $\theta_e + (\Phi_{pp} + \Phi_g) / H_{sb}$ )

$\theta_{i1}$  Innentemperatur am Ende der Nichtheizphase ohne Regelphase =  $\theta_{inh} + \xi \cdot (\theta_{co} - \theta_{cnh}) \cdot \exp(-t_{nh} / \tau_p)$

$t_{nh}$  Zeit in der nicht geheizt wird (Gl. C.18, 20, 23)

$t_{sb}$  Zeit mit (abgesenktem) Regelbetrieb (Gl. C.26)

$t_{bh}$  Zeit der Aufheizphase (Gl. C.29 / EN 832 J.28)

$\theta_{co}$  Bauteiltemperatur zu Beginn der Absenkung ( $\theta_e + \zeta \cdot (\theta_{i0} - \theta_e)$ )

$\theta_{c1}$  Bauteiltemperatur am Ende der Nichtheizphase (Gl. C.21, 25)

$\theta_{c2}$  Bauteiltemperatur am Ende der Regelphase (Gl. C.28)

$\theta_{c3}$  Bauteiltemperatur am Ende der Aufheizphase (Gl. C.31)

$\Delta Q_{ij}$  Reduzierung des Wärmeverlustes infolge intermittierender Beheizung [kWh] (Gl. C.32)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Heizwärmebedarf

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Gebäudestandort       | Deutschland  |
| Transmissionsverluste | $Q_t = (\Sigma L_D) \cdot \Delta T \cdot d - \Delta Q_{il}$  |
| Bauteilverluste       | $\Sigma L_D = 3923 \text{ W/K}$  |
| Heizunterbrechung     | $\Delta Q_{il}$ monatlich  |
| Lüftung               | $H_V = 2970 \text{ W/K}$   |
| Interne Gewinne       | $\Phi_{i,M} = 29952 \text{ W}$   |
| Solare Gewinne        | $\Phi_S [\text{W}]$ (monatlich)  |
| Ausnutzungsgrad       | $\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ (a sh. $c_{\text{Wirk}}$ )<br>$\gamma = Q_g / Q_l$ (monatlich, DIN V 4108-6, 6.5) |

|     | $t_A$<br>[°C] | $Q_t$<br>[kWh] | $H_V \cdot \Delta T \cdot d$<br>[kWh] | $\Phi_{i,M} \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\Phi_S \cdot d \cdot \eta$<br>[kWh] | $\eta$ | $Q_h$<br>[kWh] |
|-----|---------------|----------------|---------------------------------------|--|--------------------------------------|--------|----------------|
| Jan | -1,3          | 55.074         | 44.860                                | 22.086                                   | 1.708                                | 0,99   | 76.140         |
| Feb | 0,6           | 45.136         | 36.726                                | 19.878                                   | 2.018                                | 0,99   | 59.967         |
| Mär | 4,1           | 40.674         | 32.927                                | 21.748                                   | 3.085                                | 0,98   | 48.768         |
| Apr | 9,5           | 25.215         | 20.316                                | 19.459                                   | 5.822                                | 0,90   | 20.251         |
| Mai | 12,9          | 16.736         | 13.480                                | 17.182                                   | 5.280                                | 0,77   | 7.754          |
| Jun | 15,7          | 8.762          | 7.057                                 | 10.855                                   | 3.792                                | 0,50   | 1.172          |
| Jul | 18,0          | 2.744          | 2.210                                 | 3.622                                    | 1.317                                | 0,16   | 14             |
| Aug | 18,3          | 1.920          | 1.547                                 | 2.721                                    | 742                                  | 0,12   | 4              |
| Sep | 14,4          | 12.213         | 9.837                                 | 14.782                                   | 3.315                                | 0,69   | 3.953          |
| Okt | 9,1           | 27.148         | 21.878                                | 20.816                                   | 2.849                                | 0,93   | 25.360         |
| Nov | 4,7           | 37.805         | 30.582                                | 21.064                                   | 1.730                                | 0,98   | 45.592         |
| Dez | 1,3           | 48.121         | 39.114                                | 22.017                                   | 1.052                                | 0,99   | 64.167         |
|     | 8,9           | 321.548        | 260.535                               | 196.229                                  | 32.711                               |        | 353.143        |

Jahres-Heizwärmebedarf  $Q_h = 353.143 \text{ kWh/a}$  ( $q_h = 70,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ )

Heizzeit vom 28. September bis 20. Mai (234 Tage, Gl.27)

erforderliche Heizleistung, Richtwert 281 kW

Berechnungsgang für den Monat Januar

$$Q_t = (3923,0) \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 - 4176,1 = 55073,8 \text{ kWh}$$

$$H_V \cdot \Delta T \cdot d = 2970,2 \cdot 20,3 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 44859,5 \text{ kWh}$$

$$\Phi_{i,M} \cdot d = 29952,0 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 22284,3 \text{ kWh}$$

$$\Phi_S \cdot d = 2316,4 \cdot 31 \cdot 24 / 1000 = 1723,4 \text{ kWh}$$

$$\gamma = (22284,3 + 1723,4) / (55074,3 + 44860,1) = 0,24 \quad a = 1 + 234000 / (3923,0 + 2970,2) / 16 = 3,12$$

$$\eta = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) = 0,991 \sim 0,988 \sim 0,976 \sim 0,902 \sim 0,771 \sim (\text{Jan} \sim \text{Feb} \sim \text{Mrz} \sim \text{Apr} \sim \text{Mai})$$

### Wärmebedarf für Warmwasserbereitung

Ein Wärmebedarf für Warmwasser wird nicht berücksichtigt (Nichtwohngebäude)

## Anlage 5: DVA: Rechnerischer Nachweis nach EnEV 2002/2004

zu Bericht: Kapitel 3.5

### Anlagentechnik (DIN V 4701-10)

Anlagen-Aufwandszahl aus der Anlagenberechnung (siehe Haustechnik)

Heizung: Nah- / Fernwärme, freie Lüftung - Energieträger: , Nah- / Fernwärme, KWK + fossiler Brennstoff, Strom

---

Anlagen-Aufwandszahl  $e_p = 0,74$

Gesamt-Endenergie ohne Hilfsenergie, lokal  $Q_{WE,E} = 368.271 \text{ kWh/a}$  (73,8 kWh/m<sup>2</sup>a)

Hilfsenergie, lokal  $Q_{HE,E} = 1.498 \text{ kWh/a}$  ( 0,3 kWh/m<sup>2</sup>a)

### Anforderungen

vorh.  $Q_p' = 16,8 \text{ kWh/m}^3\text{a}$  (262.284 kWh/a, siehe Haustechnik)

Anforderungen an Nichtwohngebäude

| A/V = 0,34 (0,34)                | zulässig | vorhanden      |
|----------------------------------|----------|----------------|
| 1) $Q_p'$ [kWh/m <sup>3</sup> a] | 18,1     | 16,8 (93,1 %)  |
| 2) $H_T'$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 0,74     | 0,74 (100,0 %) |

1) zulässiger Primärenergiebedarf  $Q_p'$  nach EnEV, A1, Tab.1, Anforderungen an Nichtwohngebäude

2) Spezifischer Transmissionswärmeverlust  $H_T' = (\Sigma L_D + \Sigma L_{D,WB}) / \Sigma A = 3.923 / 5.282 = 0,74$   
(DIN V 4108-6, Tab. D.1, zul.  $H_T'$  nach EnEV, A1, Tab.1 Fensterflächenanteil bis 30%)

**Erfüllt die EnEV, Anhang 1.**

### Sommerlicher Wärmeschutz

Die wärmeübertragenden Umfassungsflächen enthalten 2781 m<sup>2</sup> Fassadenflächen, davon 2026 m<sup>2</sup> Wandflächen und 755 m<sup>2</sup> Fensterflächen.  
Der Fensterflächenanteil beträgt 27%.

Ein Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes ist nach EnEV §3 nicht erforderlich. Beachten Sie DIN 4108-2 in der gültigen Fassung.

**Anlage 1:** *Züblinhaus – Ökologische Bilanzierung- TU Darmstadt*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Anlage enthält **62** Seiten

# Ökologische Bilanzierung des Züblinhauses in Stuttgart

Projektbericht REG-Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen,  
Ökologische Bilanzierung des Züblinhauses in Stuttgart



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner  
Institut für Massivbau



## Forschungsbericht F08-8-2008





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner**  
**Institut für Massivbau**

**Fachgebiet Massivbau**

Fachbereich 13  
Bauingenieurwesen  
und Geodäsie

Petersenstr. 12  
64287 Darmstadt  
Telefon (06151) 16 2144  
Telefax (06151) 16 3044  
graubner@massivbau.tu-darmstadt.de

# Forschungsbericht

## F08-8-2008

|                    |   |
|--------------------|---|
| Projekt            | <b>Ökologische Bilanzierung des Züblinhauses in Stuttgart</b> |
| Berichtszeitraum   | Februar 2009  |
| gefördert durch    | Ed. Züblin AG<br>Albstadtweg 3,<br>70567 Stuttgart            |
| ausführende Stelle | Technische Universität Darmstadt<br>Institut für Massivbau    |
| Projektleitung     | Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner                           |
| Projektbearbeitung | Dipl.-Ing. Carmen Schneider                                   |

Darmstadt, 27.02.2009

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner

## Inhaltsverzeichnis

### Projektbericht REG - Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen, Ökologische Bilanzierung des Züblinhauses in Stuttgart

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Grundlagen der Untersuchung</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Kriterien der Untersuchung</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1.4</b> | <b>Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen</b>   | <b>9</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Züblinhaus in Stuttgart</b>                           | <b>11</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Allgemeine Angaben zur Bilanzierung</b>  | <b>11</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF</b>                 | <b>13</b> |
| 2.2.1      | Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE <sub>GES</sub> )   | 13        |
| 2.2.2      | Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE <sub>NE</sub> )  | 14        |
| 2.2.3      | Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE <sub>E</sub> )   | 15        |
| 2.2.4      | Kriterium Versauerungspotenzial (AP)  | 16        |
| 2.2.5      | Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)  | 17        |
| 2.2.6      | Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)  | 18        |
| 2.2.7      | Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)   | 19        |
| 2.2.8      | Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)  | 20        |
| <b>2.3</b> | <b>Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF ohne Tiefgarage</b> | <b>21</b> |
| 2.3.1      | Kriterium Primärenergie gesamt (PE <sub>GES</sub> )   | 21        |
| 2.3.2      | Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE <sub>NE</sub> )  | 22        |
| 2.3.3      | Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE <sub>E</sub> )   | 23        |
| 2.3.4      | Kriterium Versauerungspotenzial (AP)  | 24        |
| 2.3.5      | Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)  | 25        |
| 2.3.6      | Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)  | 26        |
| 2.3.7      | Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)   | 27        |
| 2.3.8      | Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)  | 28        |
| <b>3</b>   | <b>Ökologische Wirkung nach Bauteilen</b>   | <b>29</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Dachbauteile</b>   | <b>29</b> |
| 3.1.1      | FD1 Flachdach Terrassen   | 29        |
| 3.1.2      | FD2 Galerie über 05.OG Innenhof   | 30        |
| 3.1.3      | FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale   | 31        |
| 3.1.4      | FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle  | 32        |
| <b>3.2</b> | <b>Fensterbauteile</b>  | <b>33</b> |
| 3.2.1      | FF1 Fensterband Holz  | 33        |
| 3.2.2      | FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas   | 34        |
| 3.2.3      | FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas   | 35        |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| <b>3.3</b>  | <b>Sonnenschutzbauteile</b>                           | <b>36</b> |
| 3.3.1       | FF3 Sonnenschutzelemente                              | 36        |
| <b>3.4</b>  | <b>Türelemente</b>                                    | <b>37</b> |
| 3.4.1       | Türen 1.1 Stahltüren Drahtglas                        | 37        |
| 3.4.2       | Türen 1.2 Holztüren Drahtglas                         | 38        |
| 3.4.3       | Türen 2 Stahltüren Vollblatt                          | 39        |
| <b>3.5</b>  | <b>Außenwandbauteile</b>                              | <b>40</b> |
| 3.5.1       | AW1 Außenwand zweischalige Brüstung unter Fensterband | 40        |
| 3.5.2       | AW2 Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude          | 41        |
| 3.5.3       | AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung                      | 42        |
| 3.5.4       | AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung                       | 43        |
| 3.5.5       | AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeheizte Halle        | 44        |
| 3.5.6       | AWE1 Außenwand gegen Erdreich                         | 45        |
| 3.5.7       | AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt                 | 46        |
| <b>3.6</b>  | <b>Bauteile Bodenplatte</b>                           | <b>47</b> |
| 3.6.1       | BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich / Tiefgarage         | 47        |
| 3.6.2       | BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt              | 48        |
| <b>3.7</b>  | <b>Deckenbauteile</b>                                 | <b>49</b> |
| 3.7.1       | FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach               | 49        |
| 3.7.2       | FuD2 Decke EG gegen unbeheizten Keller                | 50        |
| 3.7.3       | FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG                        | 51        |
| 3.7.4       | FuD4 Innendecke mit Teppichboden                      | 52        |
| 3.7.5       | FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe                  | 53        |
| 3.7.6       | FuD6 Verbindungsstege Block A-B                       | 54        |
| 3.7.7       | FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage                  | 55        |
| <b>3.8</b>  | <b>Innenwandbauteile</b>                              | <b>56</b> |
| 3.8.1       | FuW1 Wand gegen unbeheizt mit Innendämmung            | 56        |
| 3.8.2       | FuW2 Innenwand massiv                                 | 57        |
| 3.8.3       | FuW3 leichte Gipskarton Trennwand                     | 58        |
| <b>3.9</b>  | <b>Bauteile aus Beton</b>                             | <b>59</b> |
| 3.9.1       | Beton1 Betonfertigteile                               | 59        |
| <b>3.10</b> | <b>Schlosserarbeiten</b>                              | <b>60</b> |
| 3.10.1      | SA1 Schlosserarbeiten / Stahlbau                      | 60        |
| <b>4</b>    | <b>Literaturverzeichnis</b>                           | <b>61</b> |
| <b>5</b>    | <b>Bauteilflächen des Züblinhauses in Stuttgart</b>   | <b>62</b> |

## **1 Grundlagen der Untersuchung**

### **1.1 Einleitung**

Nachhaltiges Bauen und Konstruieren entspricht dem Puls der Zeit und wird das Bauwesen grundlegend verändern. Ziel ist es, bauliche Strukturen in ökologischer, ökonomischer, soziokultureller und technischer Hinsicht über deren gesamten Lebenszyklus zu optimieren, hierbei Ressourcen zu schonen und schädliche Wirkungen auf Mensch und Gesellschaft zu minimieren. Für jede am Bau beteiligte Interessensgruppe ergeben sich hieraus neue Herausforderungen. Einen Vorsprung auf diesem Gebiet werden sich diejenigen sichern, die sich frühzeitig den neu entstandenen Anforderungen stellen.

Die Ed. Züblin AG, hat mit dem Ziel, einen Beitrag zum nachhaltigen Bauen zu leisten, dem Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen des Projektes „REG-Ressourceneffiziente Gebäude von Übermorgen“ den Auftrag erteilt, eine ökologische Untersuchung Ökobilanz verschiedener Gebäude mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2] zu erstellen. Die Untersuchung wird anhand von etwa 30 repräsentativen Bauteilen durchgeführt, die zusammen mit dem Auftraggeber aus der Konstruktion eines jeden Gebäudes identifiziert wurden. Hierbei wurde ein großer Wert darauf gelegt, dass die ausgewählten Bauteile die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umweltwirkungen abdecken.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der Untersuchung der ökologischen Wirkungen für das Züblinhaus in Stuttgart.

### **1.2 Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044**

Die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2], die als Untersuchungsmethode für das vorliegende Forschungsvorhaben herangezogen wurde, dient der Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potenziellen Umweltwirkungen. Die Methode enthält die in Abbildung 1 dargestellten Schritte:

1. Festlegung und Ziel des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Die einzelnen Arbeitsschritte beeinflussen sich gegenseitig und können nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Die Anwendungsmöglichkeiten einer Ökobilanz reichen vom gezielten Aufzeigen von Verbesserungspotenzialen für Produkte (wie z.B. Deckensysteme) und Prozesse (wie z.B. Herstellungstätigkeiten für ganze Gebäude) bis hin zur Unterstützung strategischer Entscheidungsprozesse.

Gegenstand der vorliegenden ökologischen Bilanzierung nach DIN EN ISO 14040 und 14044 sind repräsentativ für das Züblinhaus in Stuttgart ausgewählte Bauteile und Elemente der Baukonstruktion. Für die Untersuchung wurden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungskriterien herangezogen.

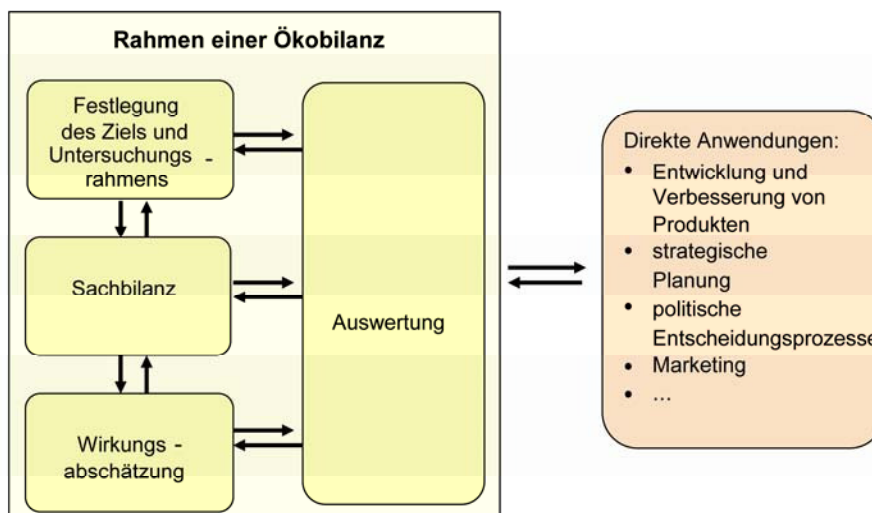


Abbildung 1: Aufbau einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 und 14044 [1]

### 1.3 Kriterien der Untersuchung

In Rahmen der im Forschungsvorhaben durchgeführten Ökobilanz-Studie werden die potenziellen Umweltwirkungen des Gesamtgebäudes über den Lebenszyklus anhand von etwa 30 ausgewählten Bauteilen untersucht. Hierfür werden die im Folgenden dargestellten Untersuchungskriterien herangezogen. Die genannten Kriterien sind auch Bestandteil der Beurteilung der Hauptkriteriengruppe der „Ökologischen Qualität“ im Rahmen des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“. Auf die Darstellung und Interpretation weiterer Wirkungskategorien (z.B. Humantoxizität) wurde aufgrund der eingeschränkten Akzeptanz und bisher im Bauwesen nur lückenhaft vorliegenden Datengrundlage nach Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

### **Treibhauspotenzial (GWP) [in kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potenzial), gemessen in kg CO<sub>2</sub>-Äqu., ist das massebezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von entsprechenden Gasen. Ein Produkt mit einem niedrigen GWP-Wert verursacht nur geringe Emissionen an Gasen, die zum Treibhauseffekt beitragen. An dieser Stelle zu nennen sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub>, PFC und HFC. Ihre Werte werden in Relation zur Treibhauswirkung von Kohlendioxid als CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben. Das Treibhauspotenzial ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von Treibhausgasen und deren unterschiedlicher atmosphärischer Verweildauern ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum. Daher ist bei der Kategorie Treibhauspotenzial stets der Bezugszeitraum – 25, 100 oder 500 Jahre – anzugeben. Für die vorliegende Studie beträgt der Bezugszeitraum 100 Jahre (GWP<sub>100</sub>).

### **Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP) [in kg R<sub>11</sub>-Äqu.]**

Die Anreicherung des Gases R<sub>11</sub> in der Atmosphäre trägt zur Zerstörung der Ozonschicht bei. Aufgabe der Ozonschicht ist die Abschirmung von UV-Strahlung und damit die Verhinderung einer zu starken Erwärmung der Erdoberfläche. Zu den Folgen der Zerstörung der Ozonschicht gehören u.a. Tumorbildungen bei Mensch und Tier, sowie Störungen der Photosynthese.

### **Ozonbildungspotenzial (POCP) [in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]**

Das Ozonbildungs- oder Sommersmogpotenzial, gemessen in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Äqu./m<sup>2</sup> ist das massebezogene Äquivalent schädlicher Spurengase, wie z.B. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, die in Verbindung mit UV-Strahlung zur Bildung von bodennahem (troposphärischem) Ozon beitragen. Die dadurch entstehende human- und ökotoxische Verunreinigung der bodennahen Luftschichten wird als Sommersmog bezeichnet. Dieser greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Die Konzentration von bodennahem Ozon wird regelmäßig durch Luft-Messstationen ermittelt, in Belastungskarten dargestellt und veröffentlicht.

### **Überdüngungspotenzial (EP) [in kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]**

Überdüngung (Eutrophierung) bezeichnet den Übergang von Gewässern und Böden von einem nährstoffarmen (oligotrophen) in einen nährstoffreichen (eutrophen) Zustand. Sie wird verursacht durch die Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere durch Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Diese können z.B. bei der Herstellung von Bauprodukten vor allem aber durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen. Die resultierende Änderung der Verfügbarkeit von Nährstoffen wirkt sich z.B. in Gewässern durch eine vermehrte Algenbildung aus, die unter anderem das Sterben von Fischen zur Folge haben kann.

### **Versauerungspotenzial (AP) [in kg SO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Versauerungspotenzial (Acidification Potenzial) beschreibt die Wirkung versauernder Emissionen und ist damit ein Maß für die Umweltwirkung „Versauerung von Böden und Gewässern“. Je höher der AP-Wert, umso höher die Gefahr von saurem Regen und den damit verbundenen Umweltschädigungen. Referenzstoff für die Berechnung des Versauerungspotenzials ist SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid), auf das die Wirkung der anderen versauernd wirkenden Luftemissionen (wie z.B. NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S), ausgedrückt in massebezogenen SO<sub>2</sub>-Äquivalenten, bezogen wird.

### **Primärenergiebedarf erneuerbar (PE<sub>E</sub>) [in KWh]**

Der erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller primärenergetischen Aufwendungen aus erneuerbaren Quellen (wie z.B. Biomasse, Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser- und Windkraft), die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>e</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig erneuerbare Energie verbraucht wurde. Der Primärenergiebedarf erneuerbar sollte immer in Zusammenhang mit dem Gesamtprimärenergiebedarf, d.h. der Summe der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiewerte gesehen werden.

### **Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>) [in KWh]**

Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller nicht erneuerbaren primärenergetischen Aufwendungen, die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>ne</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig nicht erneuerbare Energie verbraucht wurde. Zu den nicht erneuerbaren Primärenergiequellen zählen u.a. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran.

## 1.4 Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen

### Ziel und Vorgehen

Ziel der Untersuchung ist Ermittlung der mit dem Gebäude verbundenen Umweltwirkungen. Im diesem Zusammenhang werden die Umweltwirkungen, die durch die Errichtung, Instandhaltung und Entsorgung des untersuchten Gebäudes über einen Zeitraum von 50 Jahren entstehen, bilanziert. Im Sinne der Erschaffung eines zukunftsfähigen und nachhaltigkeitsorientierten Baustandards, werden über die Darstellung der Ergebnisse hinaus, Hinweise auf ökologische Optimierungspotenziale erwartet. Im Untersuchungsrahmen enthalten ist die Herstellung der Baustoffe der betrachteten Bauteile inklusive Vorketten, Transporte, deren Instandhaltung sowie die Entsorgung der Baustoffe nach Ablauf der nach [3] angesetzten Lebensdauern. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Transporte auf der Baustelle entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Zur Durchführung der Ökobilanz des Gebäudes stehen am Institut für Massivbau die Tools bauloop (Ökobilanzierung Konstruktion) und bauluna (Ökobilanzierung Betriebsphase) zur Verfügung. Die verwendeten Datengrundlagen entstammen den Datenbanken Ökobaudat des BMVBS Stand Dezember 2008. Dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der Datenbank und Ökobilanzsoftware GABI 4 sinnvoll ergänzt.

### Funktionelle Einheit

Die Funktionelle Einheit dient als Vergleichsmaßstab jeder Untersuchung. In der vorliegenden Studie wurde als Funktionelle Einheit das Büro- und Gewerbegebäude „Züblinhaus in Stuttgart“ ohne Grundstück gewählt.

### Systemgrenzen

Die Angabe der Systemgrenzen dient dazu, nachvollziehbar darzustellen, was in der Untersuchung berücksichtigt wurde, und was nicht in die Betrachtung eingeflossen ist.

Räumliche Systemgrenze der Berechnungen sind die Gebäudeaußenkanten. In die Betrachtung gehen als repräsentativ ausgewählte Bauteile des Rohbaus des Gebäudes, Türen, Fenster, Wand-, Decken- und Bodenbekleidungen, sowie Bauteile der Technischen Gebäudeausstattung ein. Der zeitliche Betrachtungsrahmen beginnt mit der Erstellung des Gebäudes (inklusive Herstellung



aller Vorprodukte), umfasst die Nutzungsphase und endet mit der Entsorgung nach dem 50. Bestandsjahr.

### **Sachbilanzierung**

Ziel der Sachbilanzierung ist es, für das zu analysierende Büro- und Gewerbegebäude die erforderlichen Mengen an Material festzustellen, die durch die Erstellung des Gebäudes und später durch die Instandsetzungsarbeiten anfallen. Diese Materialmengen werden dann mit den Umweltwirkungen verknüpft, die mit der Herstellung, Transport und Entsorgung dieser Materialien verbunden sind. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Baustellentransporte entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Für die Sachbilanzierung wurden die am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna verwendet. Für die Festlegung der nötigen Instandsetzungsarbeiten muss für jedes Material eine Lebensdauer angesetzt werden. Die berücksichtigten Nutzungsdauern der Materialien sind für die einzelnen Schichten in den Bauteiltabellen enthalten und wurden in Anlehnung an Kapitel 7.1 „Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten“ der Anlage 6 des „Leitfadens Nachhaltiges Bauen“ [3] gewählt. Durch Abhängigkeiten zu angrenzenden Schichten können manche Materialien nicht so lange genutzt werden, wie es ihrer technisch möglichen Lebensdauer entspricht. Dies wird bei der Sachbilanzierung berücksichtigt.

### **Wirkungsabschätzung**

Die Wirkungsabschätzung für die ausgewählten Kriterien (Primärenergie aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Quellen, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Ozonschichtzerstörungspotenzial, Ozonbildungspotenzial) erfolgt mit den am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna, die die Ergebnisse der Stoffstrombilanzierung mit den in der Datenbank hinterlegten Werten der ausgewählten Wirkungskategorien für alle eingesetzten Baumaterialien verknüpfen.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchung grafisch aufbereitet dargestellt.

## 2 Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Züblinhaus in Stuttgart

### 2.1 Allgemeine Angaben zur Bilanzierung

Der Betrachtungszeitraum der Untersuchung beträgt 50 Jahre. Er entspricht somit dem Betrachtungszeitraum, der für die Nachhaltigkeitszertifizierung mit dem „Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“ festgelegt wurde.

Als Datenbasis wurde die Datenbank ÖkobaDat (Stand Dezember 2008) verwendet. Dort noch nicht vorhandene Baustoffe- und Bauelemente wurden mit zu Hilfenahme der Datenbank GaBi 4 und unter Verwendung der am Institut für Massivbau verfügbaren Tools BauLoop und Bauluna nachbilanziert. In den Datensätzen wurden im Lebenszyklusabschnitt „End of Life“ eines jeden Bauteils, für das dies notwendig ist (z.B. für das Recycling von Stahl), Gutschriften gemäß ÖkobaDat berücksichtigt. Das kann dazu führen, dass die ökologischen Wirkungen eines Bauteils über den gesamten Lebenszyklus einen geringeren Betrag aufweisen können, als zum Zeitpunkt der Erstellung. Beispielhaft zeigt die folgende Tabelle die ökologische Wirkung eines Bauteils mit einer Gutschrift zum Lebenszyklusende.

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|--|--|---------------------------|--|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|  | GWP                                    | ODP                       | POCP   | AP                                     | EP                                     | Eges              | Ee                | Ene               |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 146,7                                  | 0,000010                  | 0,066  | 0,68                                   | 0,038                                  | 2393,7            | 514,5             | 1879,2            |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,6                                   | 0,000004                  | 0,033  | 0,37                                   | 0,043                                  | 1148,2            | 153,8             | 994,5             |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |         |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
|   | %      | %       | %       | %       | %      | %       | %       | %       |
| Erstellung  | 153,5% | 215,4%  | 197,3%  | 184,6%  | 89,0%  | 208,5%  | 334,6%  | 189,0%  |
| Nutzung   | 31,5%  | 15,8%   | 24,8%   | 35,1%   | 45,3%  | 22,2%   | 2,3%    | 25,3%   |
| Entsorgung  | -85,0% | -131,2% | -122,1% | -119,7% | -34,3% | -130,7% | -236,9% | -114,3% |

Allgemein werden in der Phase End-of-Life folgende Entsorgungswege unterschieden:

- Metalle mit hohen Anteilen von Primärherstellung sind mit Ihrem Recyclingpotenzial anzusetzen. Die Gutschriften sind hierbei abhängig von der Art des Metalls. Ausgenommen von Gutschriften in der Phase des End-of-Life sind Metalle aus Recyclingmaterial (wie z.B. Bewehrungsstahl). Für sie darf keine Gutschrift angesetzt werden.
- Für mineralische Baustoffe ist der Entsorgungsweg Recycling/Verwertung zu wählen. Hierzu wird vereinfachend der ÖkobaDat Datensatz „Bauschutttaufbereitung“ gewählt.
- Materialien mit einem Heizwert (wie z.B. Holz, Kunststoffe, etc.) werden einer thermischen Verwertung zugeführt. Die Daten werden hierzu nach Stoffgruppen zusammengefasst. Angesetzt wird der Stoffgruppenspezifische Datensatz nach ÖkobaDat.

- Für alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt- und Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen, ist der Entsorgungsweg „Entsorgung auf Deponie“ zu wählen.

Die Lebensdauern der Bauteilschichten entstammen der Anlage 6 des Leitfadens Nachhaltiges Bauen [2], dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der unter [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) verfügbaren Lebensdauertabelle des Bundes ergänzt. Unter Beachtung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Schichten wurden die eingesetzten Lebensdauern praxisgerecht angepasst (Schichtenmodell des Instituts für Massivbau).

Die Gesamt-Nettogeschossfläche des bilanzierten Gebäudes beträgt: **24.281,1 m<sup>2</sup>.**

Die Nettogeschossfläche abzüglich der Tiefgarage beträgt: **20.841,0 m<sup>2</sup>**

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind im folgenden Kapitel 2.2 pro m<sup>2</sup> NGF dargestellt.

## 2.2 Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF

### 2.2.1 Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE<sub>GES</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Gesamt-Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

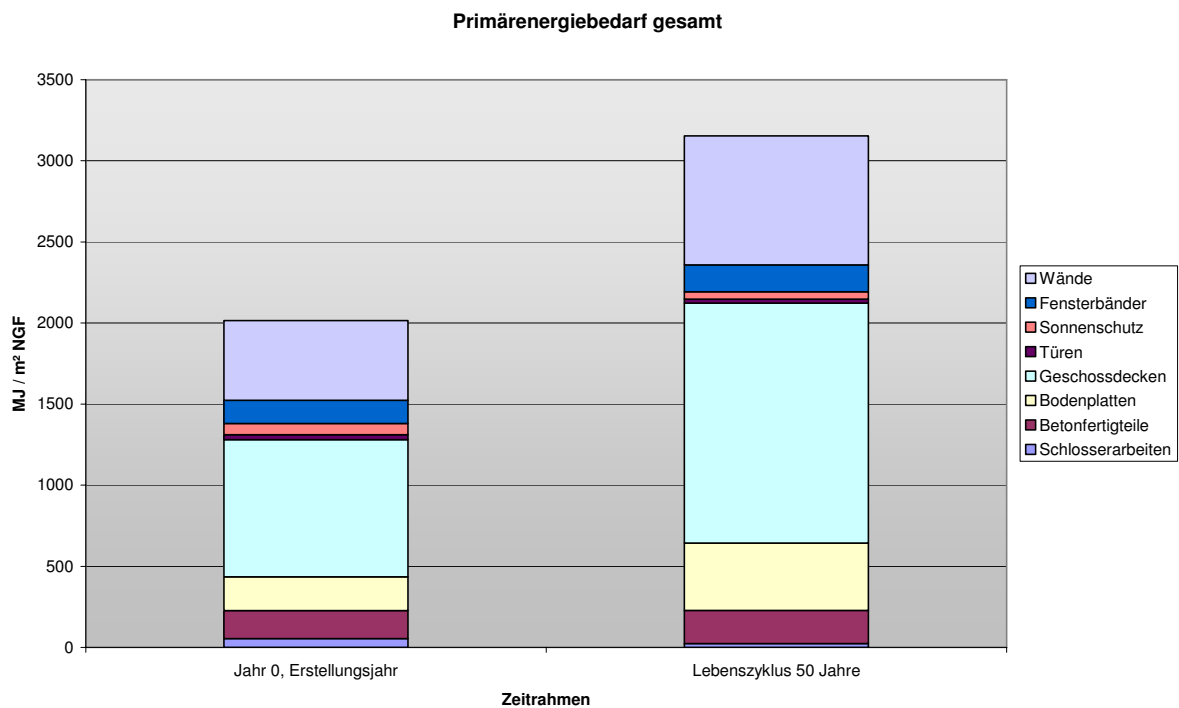


Abbildung 2 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf gesamt des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 4,91E+02 | 1,43E+02      | 6,88E+01     | 3,06E+01 | 8,46E+02       | 2,09E+02     | 1,73E+02         | 5,37E+01          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 7,96E+02 | 1,66E+02      | 4,58E+01     | 2,44E+01 | 1,48E+03       | 4,14E+02     | 2,06E+02         | 2,28E+01          |

Abbildung 3 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.2 Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar ( $PE_{NE}$ )

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

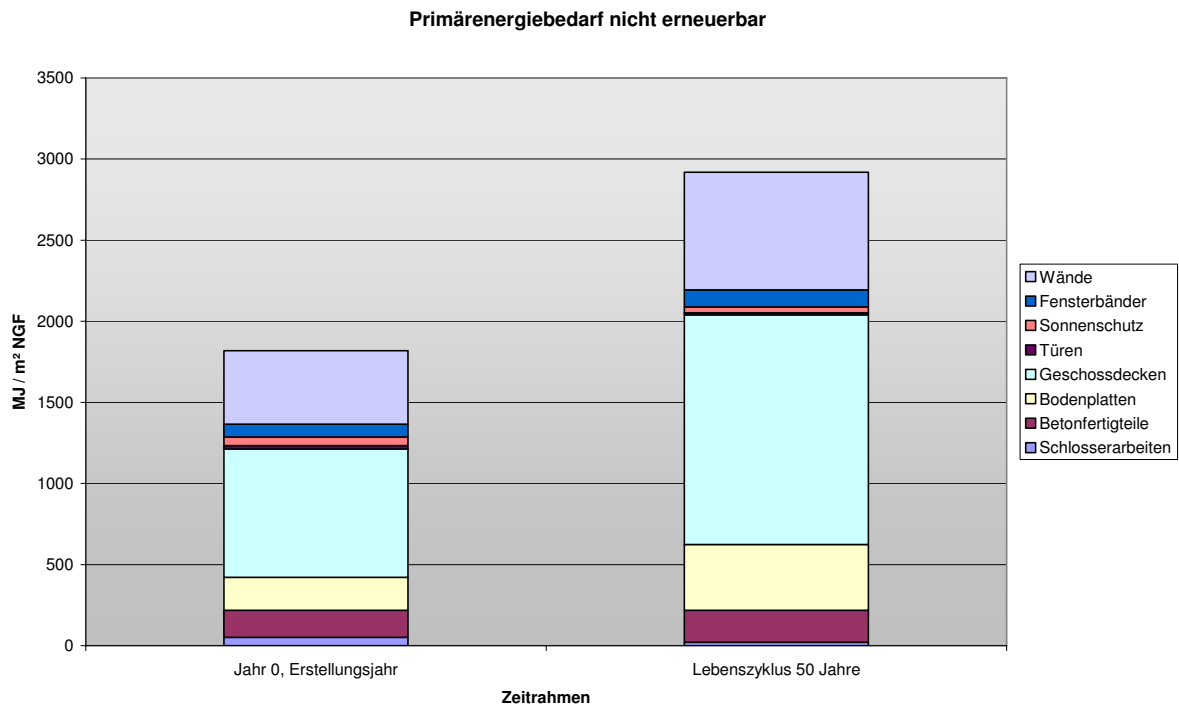


Abbildung 4 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 4,52E+02 | 7,91E+01      | 5,37E+01     | 2,04E+01 | 7,91E+02       | 2,04E+02     | 1,65E+02         | 5,20E+01          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 7,24E+02 | 1,04E+02      | 3,67E+01     | 1,43E+01 | 1,41E+03       | 4,06E+02     | 1,96E+02         | 2,12E+01          |

Abbildung 5 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.3 Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE<sub>E</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

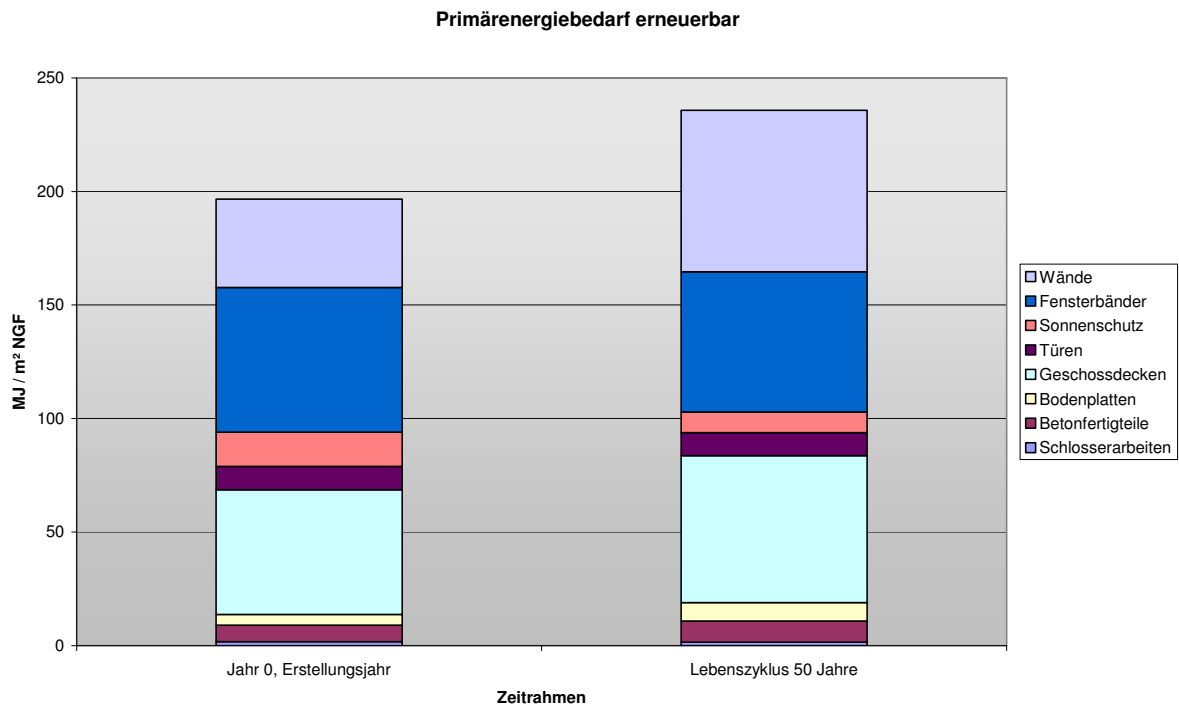


Abbildung 6 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 3,90E+01 | 6,37E+01      | 1,51E+01     | 1,02E+01 | 5,49E+01       | 4,74E+00     | 7,31E+00         | 1,72E+00          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 7,12E+01 | 6,18E+01      | 9,12E+00     | 1,02E+01 | 6,46E+01       | 8,11E+00     | 9,28E+00         | 1,58E+00          |

Abbildung 7 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.4 Kriterium Versauerungspotenzial (AP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

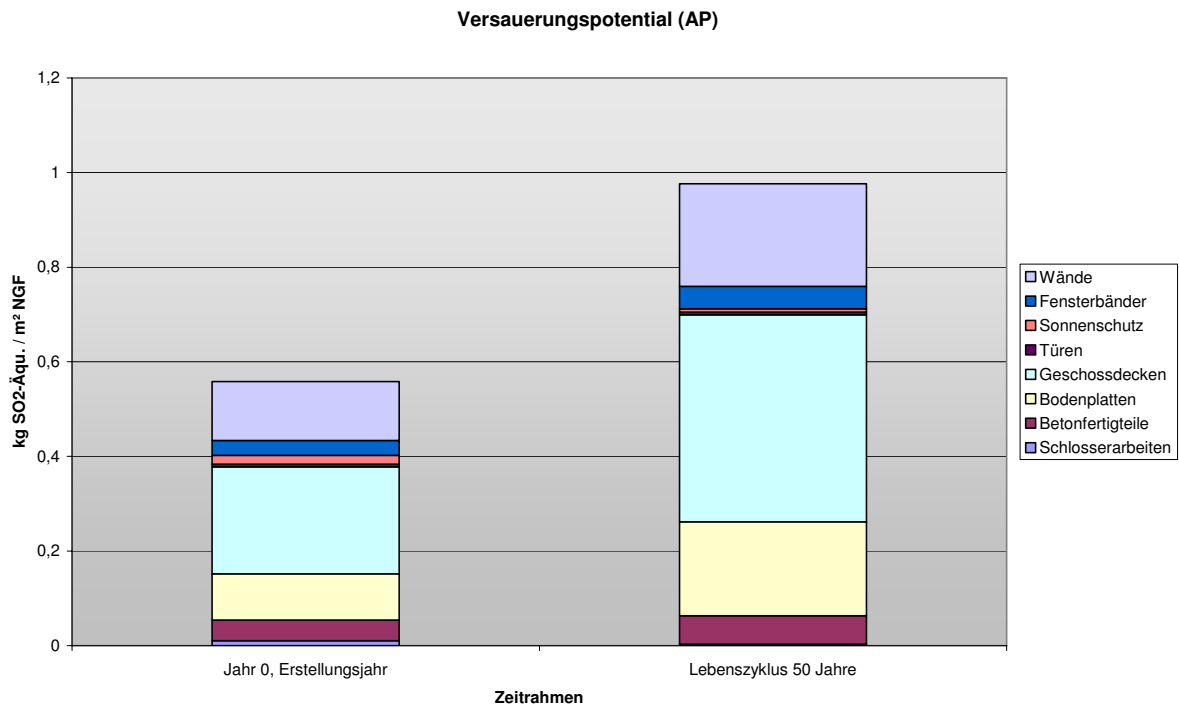


Abbildung 8 Versauerungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Versauerungspotenzial des Gebäudes [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,24E-01 | 3,16E-02      | 1,86E-02     | 5,88E-03 | 2,26E-01       | 9,78E-02     | 4,37E-02         | 1,06E-02          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,17E-01 | 4,72E-02      | 7,52E-03     | 5,55E-03 | 4,37E-01       | 1,99E-01     | 6,05E-02         | 2,73E-03          |

Abbildung 9 Versauerungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.5 Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Eutrophierungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

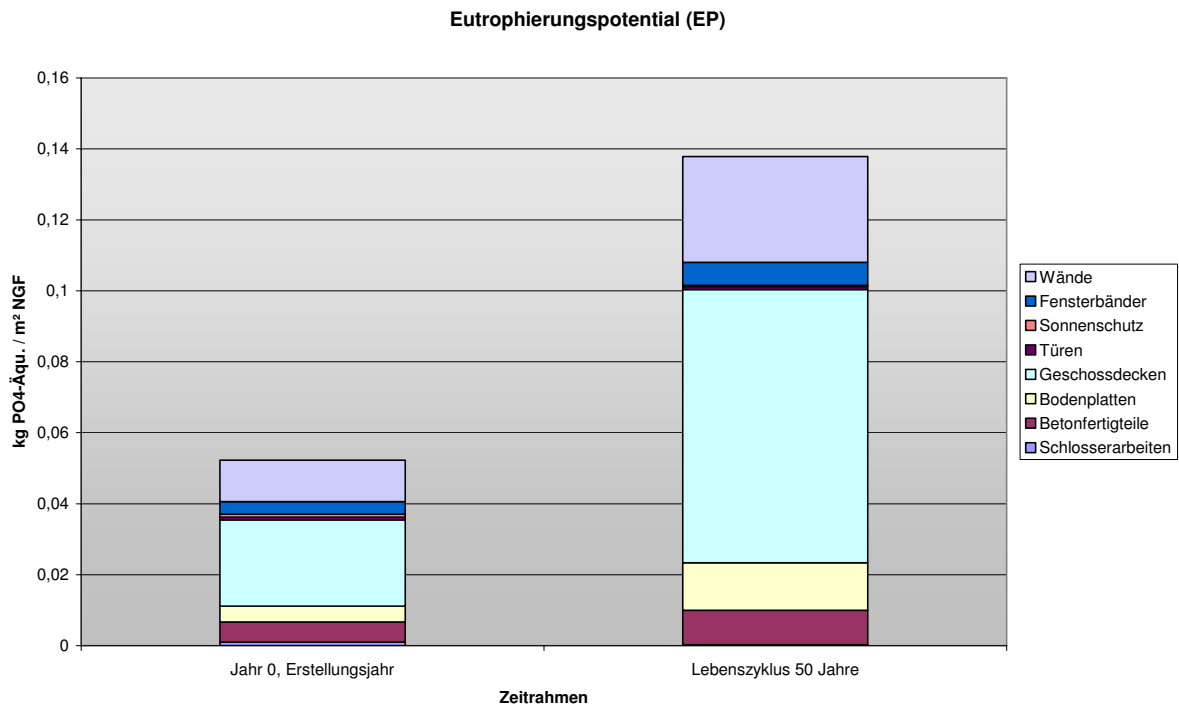


Abbildung 10 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Eutrophierungspotenzial des Gebäudes [kg PO <sub>4</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,17E-02 | 3,56E-03      | 8,18E-04     | 8,10E-04 | 2,43E-02       | 4,46E-03     | 5,68E-03         | 1,01E-03          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,98E-02 | 6,45E-03      | 3,53E-04     | 8,61E-04 | 7,70E-02       | 1,34E-02     | 9,69E-03         | 2,78E-04          |

Abbildung 11 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



## 2.2.6 Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Treibhauspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

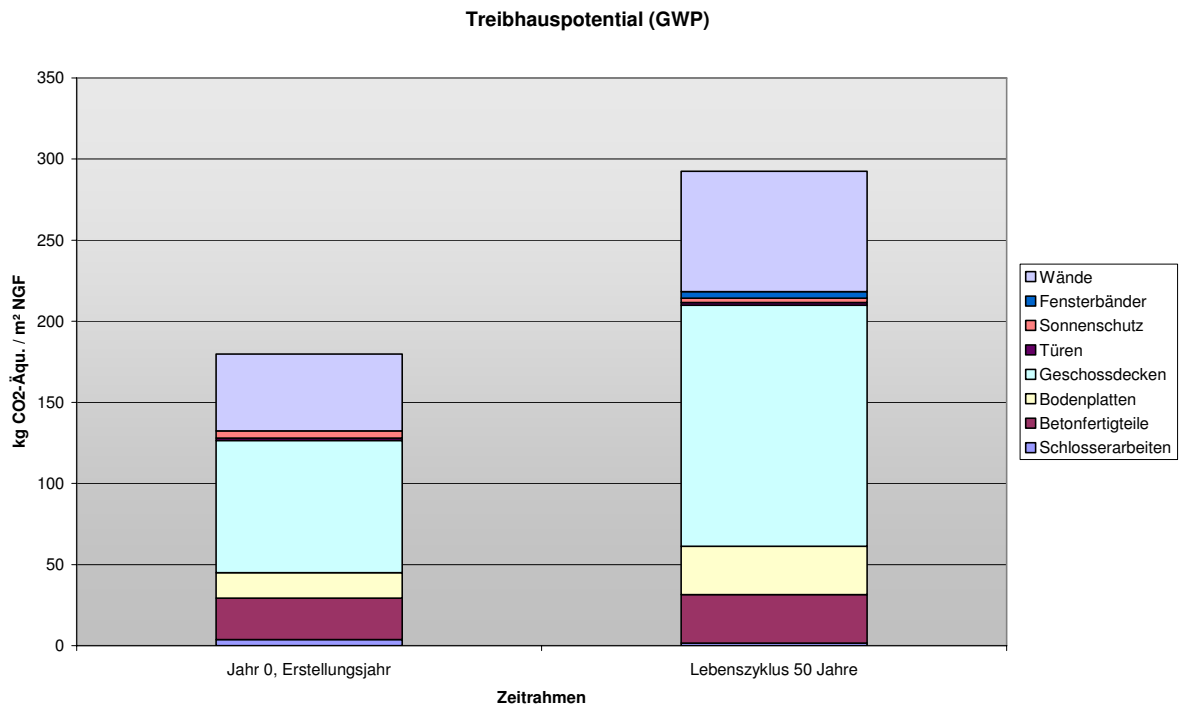


Abbildung 5: Treibhauspotential des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Treibhauspotential des Gebäudes [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 4,73E+01 | -6,72E-01     | 4,42E+00     | 1,50E+00 | 8,15E+01       | 1,57E+01     | 2,54E+01         | 3,86E+00          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 7,42E+01 | 4,11E+00      | 2,69E+00     | 1,57E+00 | 1,49E+02       | 2,97E+01     | 2,99E+01         | 1,56E+00          |

Abbildung 12 Treibhauspotential des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.7 Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonschichtzerstörungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg R11-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

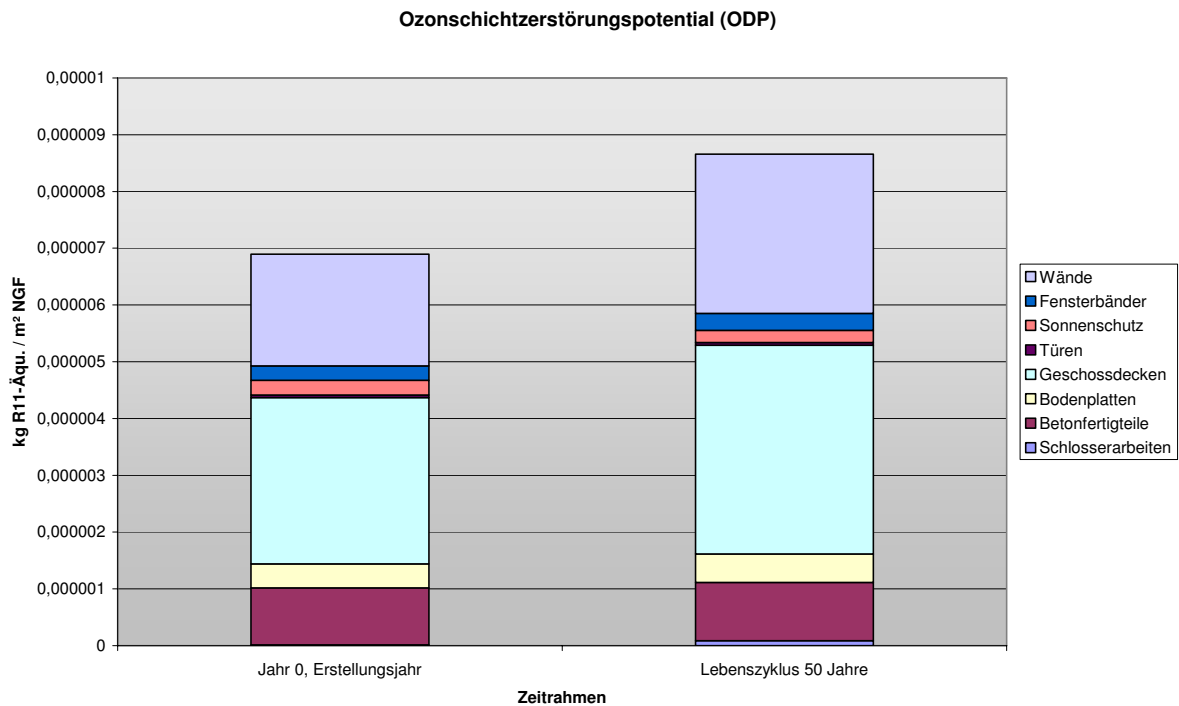


Abbildung 13 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Ozonschichtzerstörungspotenzial des Gebäudes [kg R11-Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 1,97E-06 | 2,52E-07      | 2,60E-07     | 4,41E-08 | 2,93E-06       | 4,24E-07     | 1,00E-06         | 1,48E-08          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 2,80E-06 | 3,01E-07      | 2,16E-07     | 4,75E-08 | 3,67E-06       | 5,05E-07     | 1,02E-06         | 8,85E-08          |

Abbildung 14 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.8 Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg C2H4-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

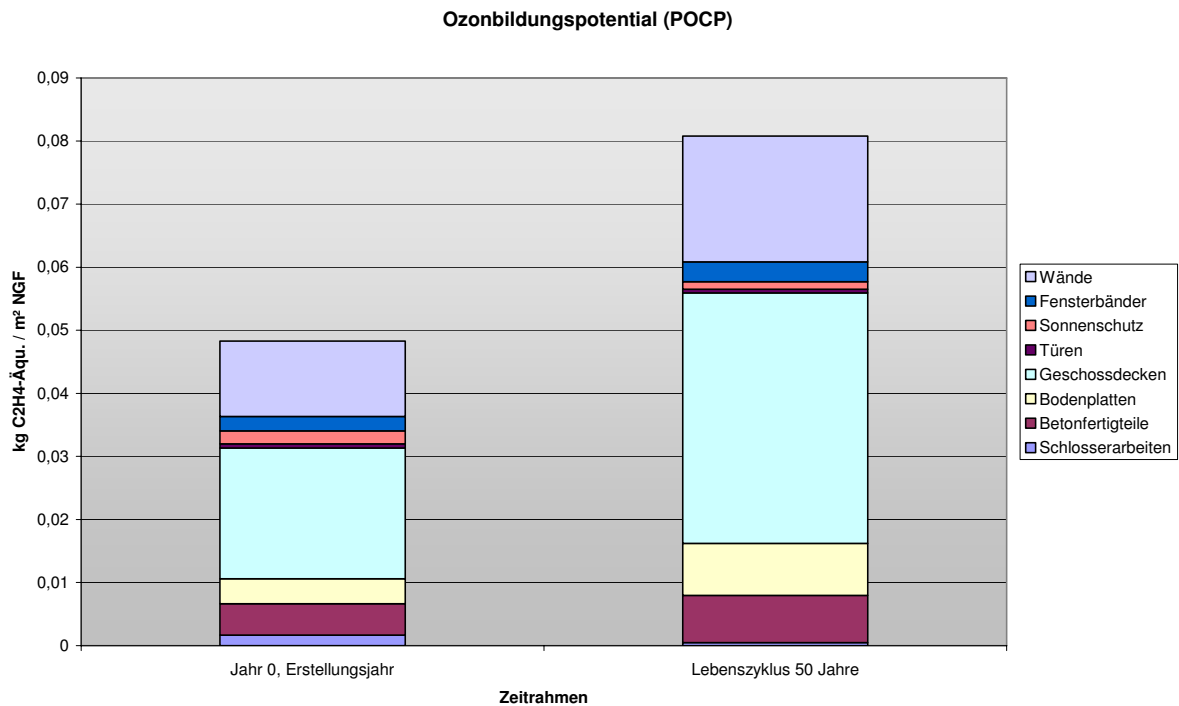


Abbildung 15 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Ozonbildungspotenzial des Gebäudes [kg C2H4-Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,19E-02 | 2,33E-03      | 2,02E-03     | 6,65E-04 | 2,07E-02       | 3,99E-03     | 4,95E-03         | 1,68E-03          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 1,99E-02 | 3,16E-03      | 1,20E-03     | 5,46E-04 | 3,97E-02       | 8,27E-03     | 7,49E-03         | 4,67E-04          |

Abbildung 16 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.3 Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF ohne Tiefgarage

### 2.3.1 Kriterium Primärenergie gesamt (PE<sub>GES</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Gesamt-Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

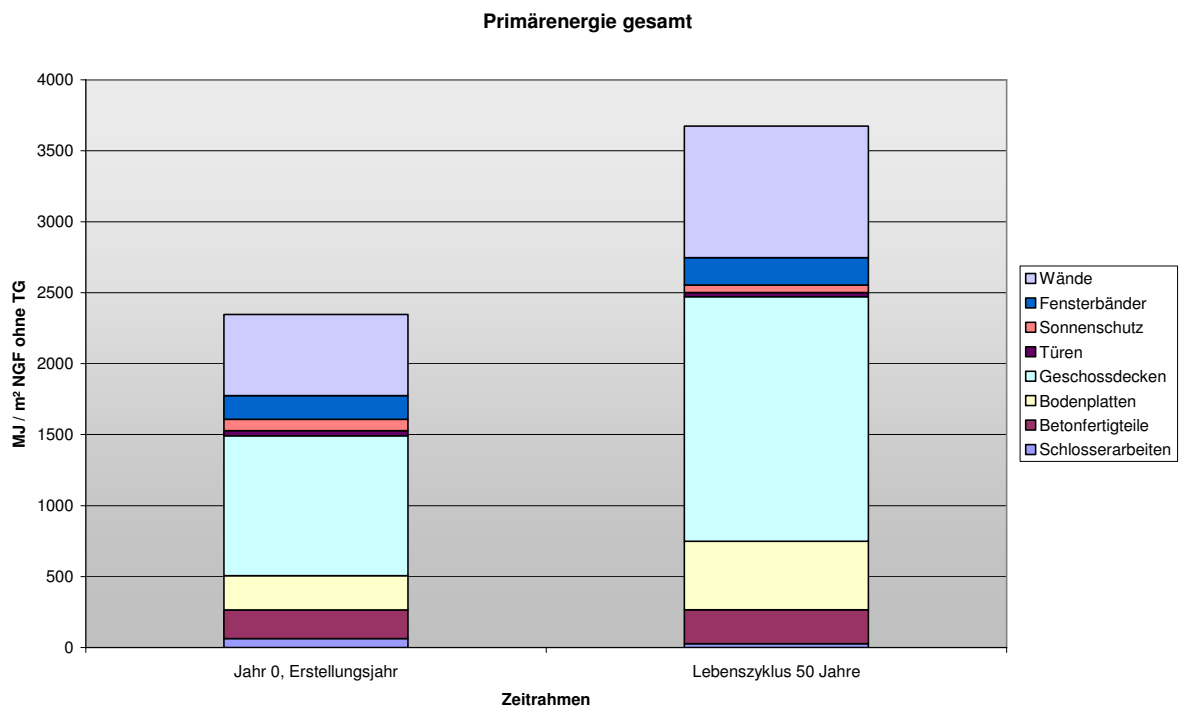


Abbildung 17 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf gesamt des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 5,73E+02 | 1,66E+02      | 8,02E+01     | 3,57E+01 | 9,85E+02       | 2,43E+02     | 2,01E+02         | 6,26E+01          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 9,27E+02 | 1,93E+02      | 5,34E+01     | 2,84E+01 | 1,72E+03       | 4,83E+02     | 2,39E+02         | 2,66E+01          |

Abbildung 18 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.2 Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar ( $PE_{NE}$ )

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

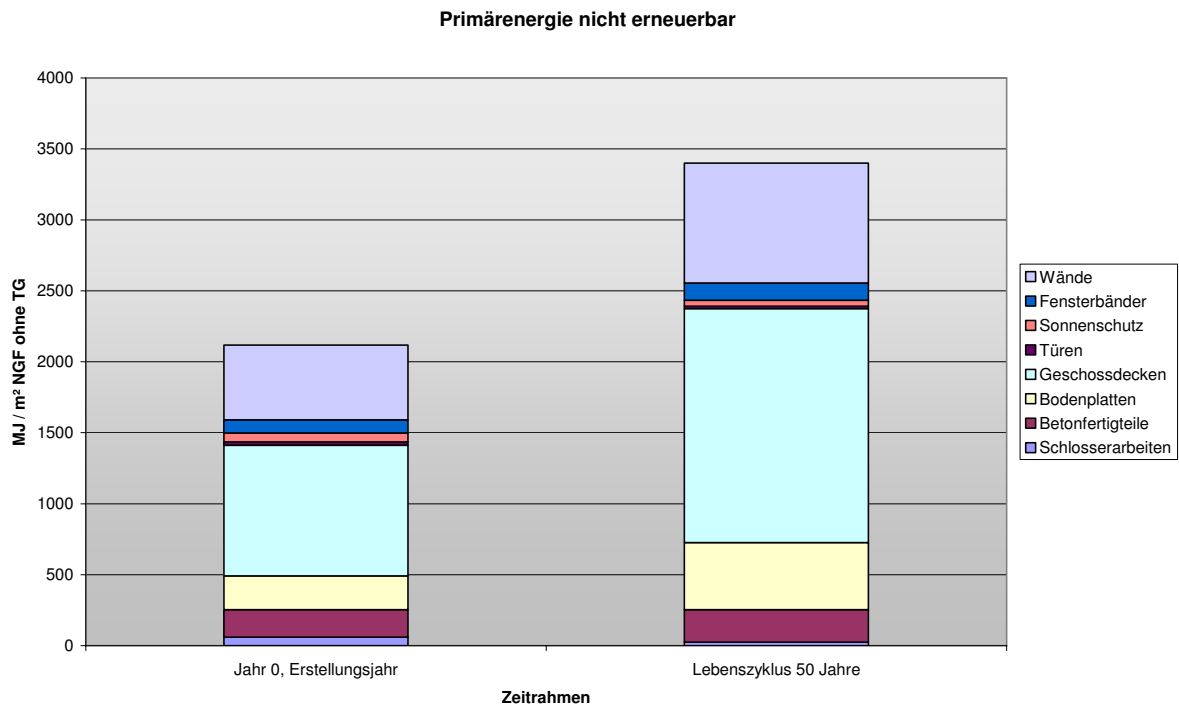


Abbildung 19 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 5,27E+02 | 9,22E+01      | 6,25E+01     | 2,38E+01 | 9,21E+02       | 2,38E+02     | 1,93E+02         | 6,06E+01          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 8,44E+02 | 1,21E+02      | 4,28E+01     | 1,66E+01 | 1,65E+03       | 4,73E+02     | 2,29E+02         | 2,47E+01          |

Abbildung 20 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.3 Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE<sub>E</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

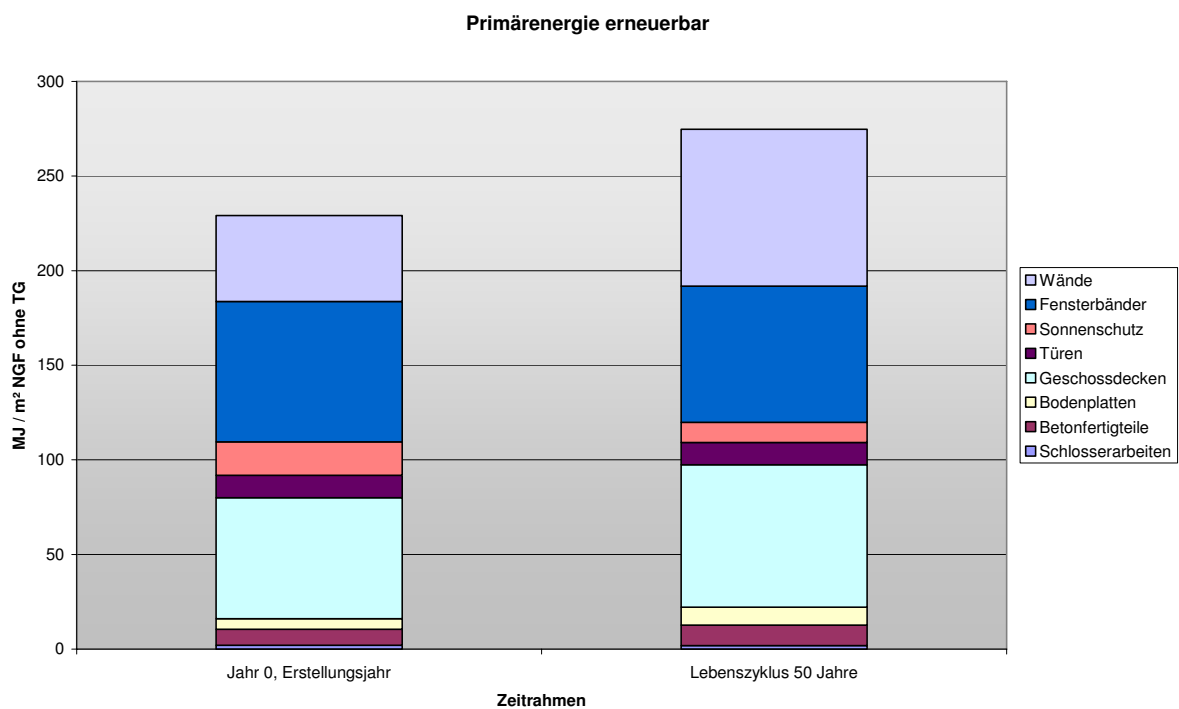


Abbildung 21 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 4,54E+01 | 7,42E+01      | 1,76E+01     | 1,19E+01 | 6,40E+01       | 5,53E+00     | 8,52E+00         | 2,01E+00          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 8,29E+01 | 7,20E+01      | 1,06E+01     | 1,18E+01 | 7,53E+01       | 9,45E+00     | 1,08E+01         | 1,84E+00          |

Abbildung 22 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.4 Kriterium Versauerungspotenzial (AP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg SO<sub>2</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

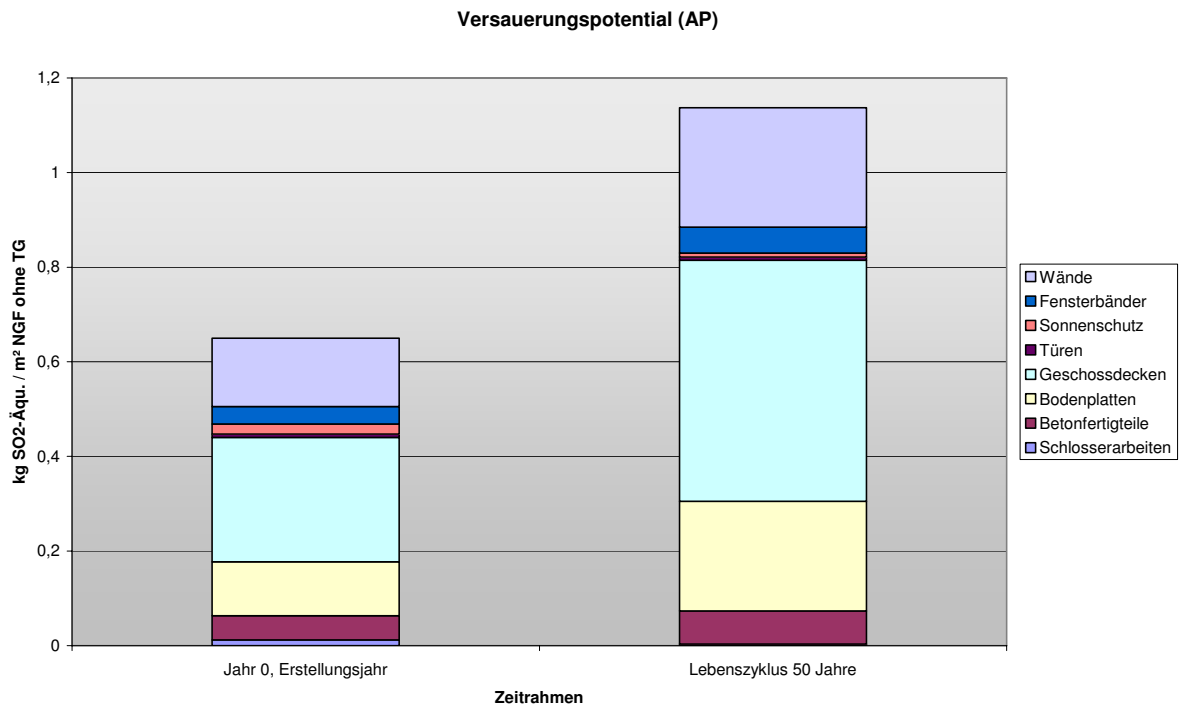


Abbildung 23 Versauerungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Versauerungspotenzial des Gebäudes [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,44E-01 | 3,68E-02      | 2,16E-02     | 6,86E-03 | 2,63E-01       | 1,14E-01     | 5,09E-02         | 1,24E-02          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,52E-01 | 5,50E-02      | 8,76E-03     | 6,46E-03 | 5,09E-01       | 2,32E-01     | 7,05E-02         | 3,18E-03          |

Abbildung 24 Versauerungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.5 Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Eutrophierungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg PO<sub>4</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

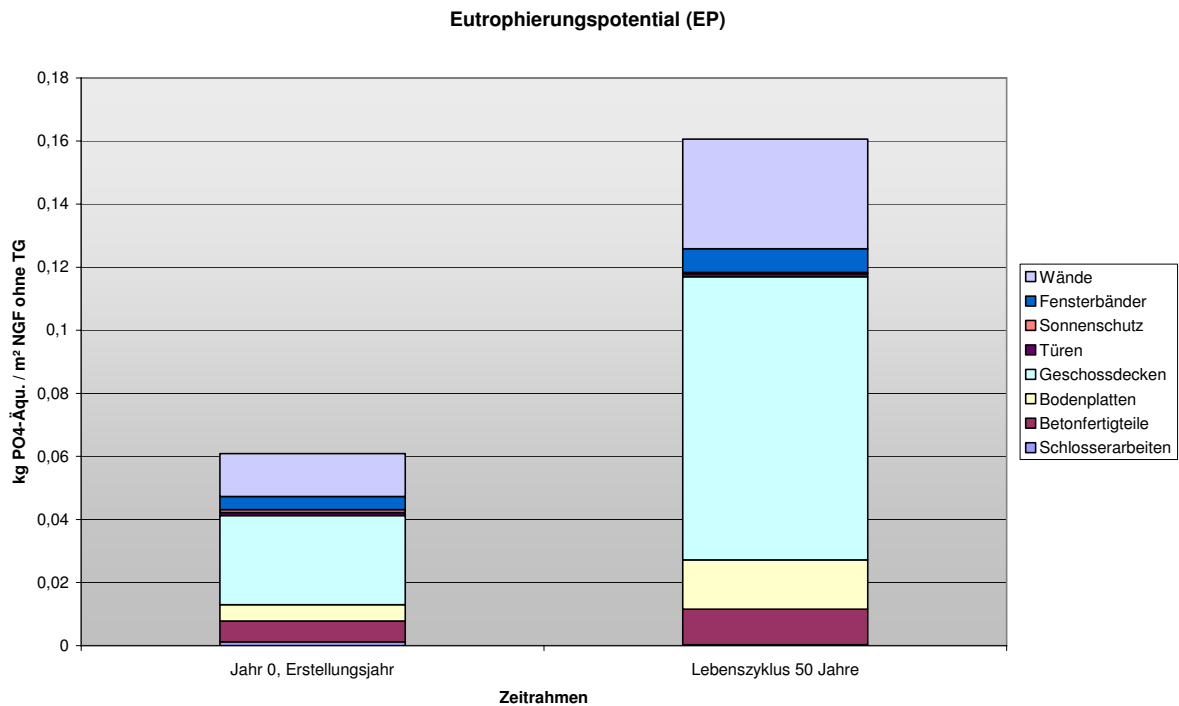


Abbildung 25 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Eutrophierungspotenzial des Gebäudes [kg PO <sub>4</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,36E-02 | 4,14E-03      | 9,54E-04     | 9,44E-04 | 2,83E-02       | 5,19E-03     | 6,61E-03         | 1,17E-03          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 3,47E-02 | 7,51E-03      | 4,11E-04     | 1,00E-03 | 8,97E-02       | 1,56E-02     | 1,13E-02         | 3,24E-04          |

Abbildung 26 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



### 2.3.6 Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Treibhauspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg CO<sub>2</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

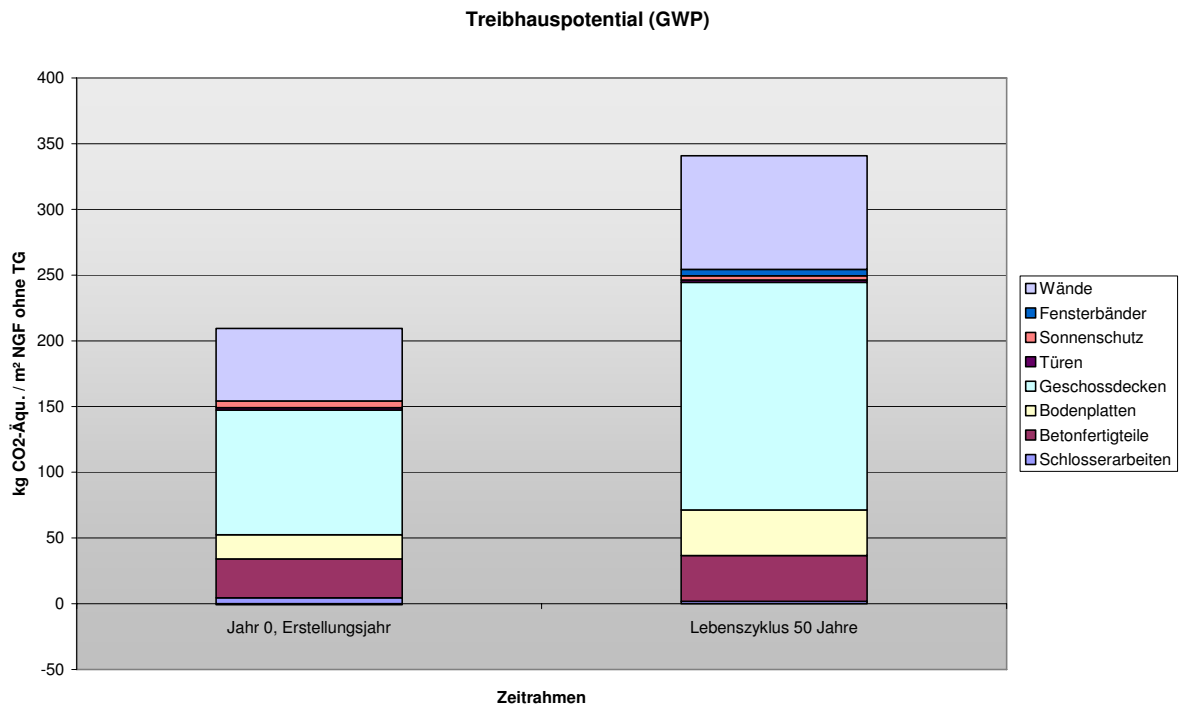


Abbildung 27 Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Treibhauspotential des Gebäudes [kg CO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 5,52E+01 | -7,82E-01     | 5,15E+00     | 1,75E+00 | 9,50E+01       | 1,83E+01     | 2,96E+01         | 4,49E+00          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 8,65E+01 | 4,79E+00      | 3,13E+00     | 1,83E+00 | 1,73E+02       | 3,46E+01     | 3,49E+01         | 1,81E+00          |

Abbildung 28 Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.7 Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonschichtzerstörungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg R<sub>11</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

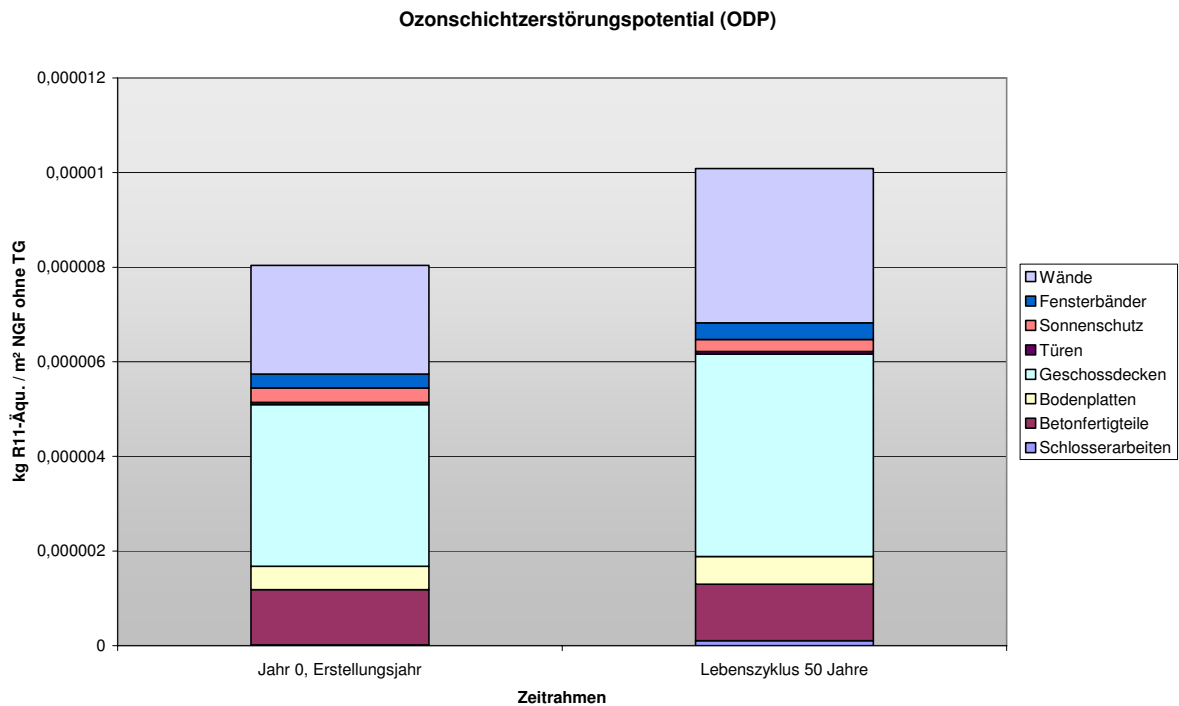


Abbildung 29 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Ozonschichtzerstörungspotenzial des Gebäudes [kg R11-Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|---|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|   | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0   | 2,30E-06 | 2,94E-07      | 3,02E-07     | 5,13E-08 | 3,41E-06       | 4,94E-07     | 1,17E-06         | 1,72E-08          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 3,26E-06 | 3,51E-07      | 2,51E-07     | 5,54E-08 | 4,28E-06       | 5,88E-07     | 1,19E-06         | 1,03E-07          |

Abbildung 30 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.8 Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonbildungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

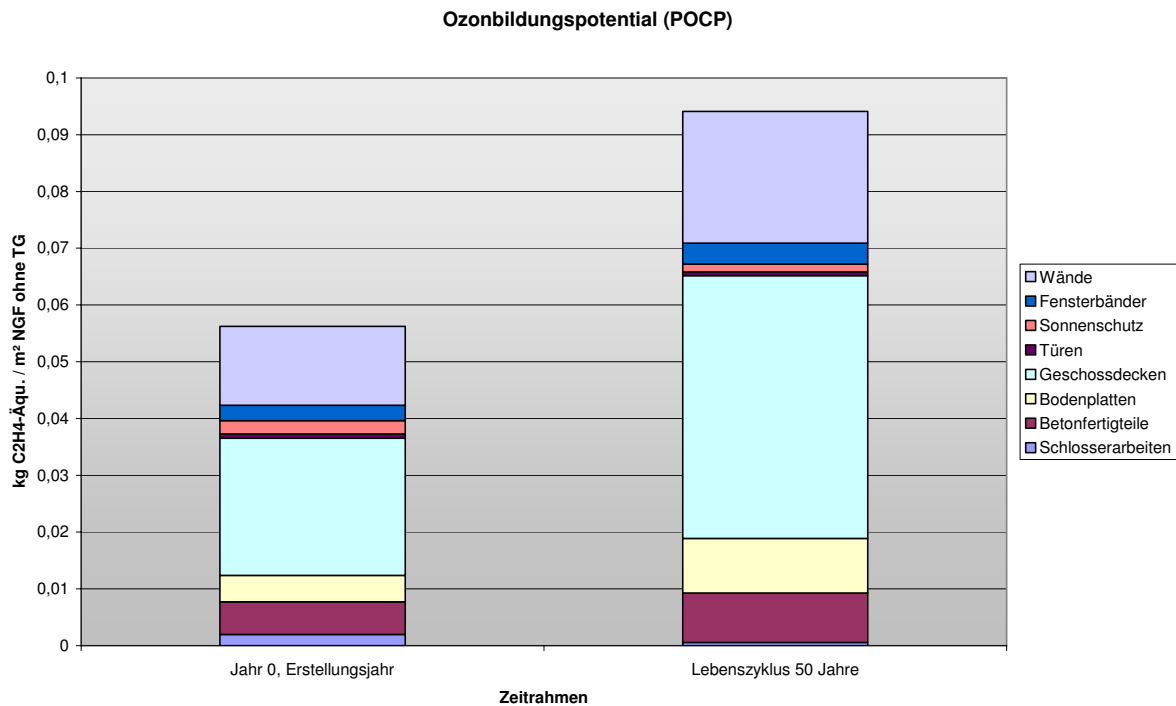


Abbildung 31 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Ozonbildungspotenzial des Gebäudes [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |               |              |          |                |              |                  |                   |
|--|----------|---------------|--------------|----------|----------------|--------------|------------------|-------------------|
|  | Wände    | Fensterbänder | Sonnenschutz | Türen    | Geschossdecken | Bodenplatten | Betonfertigteile | Schlosserarbeiten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,39E-02 | 2,71E-03      | 2,35E-03     | 7,75E-04 | 2,41E-02       | 4,65E-03     | 5,77E-03         | 1,96E-03          |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,32E-02 | 3,68E-03      | 1,40E-03     | 6,36E-04 | 4,63E-02       | 9,63E-03     | 8,73E-03         | 5,44E-04          |

Abbildung 32 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 3 Ökologische Wirkung nach Bauteilen

#### 3.1 Dachbauteile

##### 3.1.1 FD1 Flachdach Terrassen

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD1 Flachdach Terrassen“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                         |                      |        |
|---|-------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                         |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 1                       | Anzahl Schichten     | 12     |
| Bauteilname:                              | FD1 Flachdach Terrassen | Betrachtungszeitraum | 50     |
|   |                         | Gesamtfläche (m²)    | 703,78 |

| Bauteiltabelle |                                  |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                      | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Betonplatten                     | 30              | 4,00              | 100,0%                | 2300              | 92,00           |
| 2              | Kies                             | 30              | 4,00              | 100,0%                | 1800              | 72,00           |
| 3              | Polyester Schutzvlies            | 30              | 0,16              | 100,0%                | 300               | 0,48            |
| 4              | Dachabdichtung bituminös 2-lagig | 30              | 1,00              | 100,0%                | 1500              | 15,00           |
| 5              | EPS Dämmung 040                  | 30              | 8,00              | 100,0%                | 25                | 2,00            |
| 6              | Dampfsperre bituminös            | 30              | 0,50              | 100,0%                | 1000              | 5,00            |
| 7              | Gefälle-Zementestrich            | 50              | 4,00              | 100,0%                | 2000              | 80,00           |
| 8              | Beton C30/37 Ortbeton            | 50              | 11,00             | 98,8%                 | 2300              | 249,96          |
| 9              | Bewehrungsstahl                  | 50              | 11,00             | 1,2%                  | 7800              | 10,30           |
| 10             | Beton C35/45 FT                  | 50              | 5,00              | 98,8%                 | 2300              | 113,62          |
| 11             | Bewehrungsstahl                  | 50              | 5,00              | 1,2%                  | 7800              | 4,68            |
| 12             | Dispersionsfarbe                 | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                  |                 |                   |                       |                   | 645,35          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 101,0                             | 2,84E-06             | 0,017  | 1,48                             | 0,020                            | 1722,9        | 42,0        | 1680,8       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 161,5                             | 3,36E-06             | 0,029  | 2,91                             | 0,064                            | 3146,3        | 72,5        | 3073,8       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 62,6% | 84,6% | 57,1% | 50,8% | 30,8% | 54,8% | 58,0% | 54,7% |
| Nutzung   | 26,6% | 16,9% | 21,6% | 47,5% | 20,7% | 43,0% | 37,3% | 43,1% |
| Entsorgung  | 10,8% | -1,6% | 21,3% | 1,7%  | 48,5% | 2,3%  | 4,7%  | 2,2%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.1.2 FD2 Galerie über 05.OG Innenhof

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD2 Galerie über 05.OG Innenhof“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                                 |                                |        |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 2                               | Anzahl Schichten               | 11     |
| Bauteilname: | FD2 Galerie über 05.OG Innenhof | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|              |                                 | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 256,21 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Kunststoffbelag PVC   | 20              | 0,40              | 100,0%                | 1700                           | 6,80                         |
| 2              | PVC-Kleber            | 20              | 0,04              | 100,0%                | 1300                           | 0,52                         |
| 3              | Zementestrich         | 30              | 4,00              | 100,0%                | 2000                           | 80,00                        |
| 4              | PE-Folie              | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | EPS Dämmung 040       | 30              | 6,00              | 100,0%                | 25                             | 1,50                         |
| 6              | Mineralfaser          | 30              | 2,00              | 100,0%                | 70                             | 1,40                         |
| 7              | Beton C30/37 Ortbeton | 50              | 11,00             | 98,8%                 | 2300                           | 249,96                       |
| 8              | Bewehrungsstahl       | 50              | 11,00             | 1,2%                  | 7800                           | 10,30                        |
| 9              | Beton C35/45 FT       | 50              | 5,00              | 98,8%                 | 2300                           | 113,62                       |
| 10             | Bewehrungsstahl       | 50              | 5,00              | 1,2%                  | 7800                           | 4,68                         |
| 11             | Dispersionsfarbe      | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 469,29                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 74,9  | 2,78E-06                         | 0,032  | 0,15   | 0,019  | 693,1                     | 19,3                    | 673,8                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 133,8   | 3,36E-06                         | 0,076  | 0,30   | 0,064  | 1051,9                    | 26,0                    | 1025,9                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 56,0% | 82,6% | 41,7% | 50,8% | 30,2% | 65,9% | 74,4% | 65,7% |
| Nutzung   | 31,0% | 21,6% | 52,3% | 34,5% | 31,8% | 34,3% | 18,3% | 34,7% |
| Entsorgung  | 13,1% | -4,2% | 6,0%  | 14,6% | 38,0% | -0,2% | 7,2%  | -0,4% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.1.3 FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                     |                                |        |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                     |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 3                                   | Anzahl Schichten               | 10     |
| Bauteilname:                              | FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                     | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 897,84 |

| <b>Bauteiltabelle</b> |                              |                 |                   |                       |                                |                              |
|-----------------------|------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.           | Bezeichnung                  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1                     | Titanzink-Blech              | 30              | 0,10              | 100,0%                | 7200                           | 7,20                         |
| 2                     | Bitumenpapier Unterspannbahn | 30              | 0,10              | 100,0%                | 1000                           | 1,00                         |
| 3                     | Holzschalung                 | 50              | 2,40              | 100,0%                | 450                            | 10,80                        |
| 4                     | Sparren 10/16                | 50              | 16,00             | 16,0%                 | 450                            | 11,52                        |
| 5                     | Luftschicht                  | 50              | 8,00              | 84,0%                 | 0                              | 0,00                         |
| 6                     | Mineralfaser Dämmung 040     | 30              | 8,00              | 84,0%                 | 20                             | 1,34                         |
| 7                     | PE-Folie                     | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 8                     | Holzlattung                  | 30              | 2,40              | 7,7%                  | 450                            | 0,83                         |
| 9                     | Gipskartonplatten            | 30              | 1,25              | 100,0%                | 800                            | 10,00                        |
| 10                    | Dispersionsfarbe             | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>         |                              |                 |                   |                       |                                | 43,20                        |

| <b>Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien</b> |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|---|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1 m <sup>2</sup> Bauteilfläche              |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr   | 28,3  | 2,14E-06                         | 0,010  | 0,14   | 0,009  | 797,1                     | 445,2                   | 351,9                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                                | 44,1  | 3,93E-06                         | 0,007  | 0,23   | 0,016  | 755,9                     | 471,2                   | 284,7                    |

| <b>Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus</b> |       |       |        |       |       |        |       |        |
|--|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|--------|
|  | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |
| Erstellung   | 64,2% | 54,3% | 145,2% | 61,2% | 57,6% | 105,4% | 94,5% | 123,6% |
| Nutzung  | 20,0% | 46,8% | 0,5%   | 38,8% | 26,3% | 27,7%  | 5,9%  | 63,8%  |
| Entsorgung   | 15,8% | -1,1% | -45,7% | -0,1% | 16,1% | -33,2% | -0,4% | -87,4% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.4 FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                  |                                |         |
|---|----------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                  |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 4                                | Anzahl Schichten               | 4       |
| Bauteilname:                              | FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                                  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 3495,83 |

| Bauteiltabelle |                |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Floatglas      | 50              | 0,80              | 100,0%                | 2500                           | 20,00                        |
| 2              | Stahl verzinkt | 50              | 0,19              | 100,0%                | 7800                           | 14,82                        |
| 3              | Aluminium      | 50              | 0,06              | 100,0%                | 2700                           | 1,51                         |
| 4              | EPDM           | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1150                           | 0,16                         |
| <b>Summe:</b>  |                |                 |                   |                       |                                | 36,49                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 62,6  | 2,23E-06                         | 0,027  | 0,26   | 0,026  | 976,8                     | 90,0                    | 886,8                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 34,9  | 1,90E-06                         | 0,013  | 0,14   | 0,020  | 578,4                     | 36,1                    | 542,3                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |         |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP    | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 179,1% | 117,2% | 207,8%  | 181,7% | 128,0% | 168,9% | 249,2%  | 163,5% |
| Nutzung   | 1,3%   | 0,8%   | 1,2%    | 0,6%   | 0,4%   | 2,1%   | 0,2%    | 2,2%   |
| Entsorgung  | -80,4% | -18,0% | -109,1% | -82,3% | -28,5% | -70,9% | -149,4% | -65,7% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.2 Fensterbauteile

#### 3.2.1 FF1 Fensterband Holz

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF1 Fensterband Holz“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                      |                      |         |
|---|----------------------|----------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                      |                      |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 5                    | Anzahl Schichten     | 9       |
| Bauteilname:                              | FF1 Fensterband Holz | Betrachtungszeitraum | 50      |
|   |                      | Gesamtfläche (m²)    | 3571,66 |

| Bauteiltabelle |                            |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Floatglas                  | 25              | 0,40              | 56,8%                 | 2500              | 5,68            |
| 2              | SZR                        | 25              | 1,20              | 56,8%                 | 0                 | 0,00            |
| 3              | Floatglas                  | 25              | 0,60              | 56,8%                 | 2500              | 8,52            |
| 4              | technisch getrocknet Teak  | 50              | 6,80              | 43,2%                 | 660               | 19,39           |
| 5              | EPDM                       | 25              | 0,06              | 100,0%                | 1150              | 0,66            |
| 6              | Silikonfuge                | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1180              | 0,07            |
| 7              | Polysulfid-Kunstharz       | 25              | 0,00              | 100,0%                | 1600              | 0,08            |
| 8              | Fugendichtungsbänder Butyl | 25              | 0,00              | 100,0%                | 1300              | 0,04            |
| 9              | Holzlasur                  | 15              | 0,02              | 43,2%                 | 1600              | 0,14            |
| <b>Summe:</b>  |                            |                 |                   |                       |                   | 34,56           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | -13,4                             | 1,16E-06             | 0,012  | 0,17                             | 0,022                            | 824,6         | 406,3       | 418,3        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 22,7                              | 1,73E-06             | 0,019  | 0,30                             | 0,041                            | 1033,3        | 411,5       | 621,7        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |       |       |       |        |       |        |
|---|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |
| Erstellung  | -58,9% | 66,9%  | 61,7% | 58,1% | 52,0% | 79,8%  | 98,7% | 67,3%  |
| Nutzung   | 86,2%  | 51,1%  | 37,6% | 37,6% | 37,4% | 33,9%  | 1,6%  | 55,2%  |
| Entsorgung  | 72,7%  | -18,0% | 0,7%  | 4,3%  | 10,6% | -13,7% | -0,4% | -22,5% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.2.2 FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                       |                                |        |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                       |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 6.1                                   | Anzahl Schichten               | 7      |
| Bauteilname:                              | FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                       | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 268,83 |

| Bauteiltabelle |                                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Drahtglas d=7mm, Glasanteil 98% | 50              | 0,69              | 82,6%                 | 2500                           | 14,17                        |
| 2              | Drahtglas d=7mm, Drahtanteil 2% | 50              | 0,01              | 82,6%                 | 7800                           | 0,90                         |
| 3              | Aluminium                       | 50              | 0,21              | 100,0%                | 2700                           | 5,54                         |
| 4              | Polyester Pulverbeschichtung    | 50              | 0,02              | 17,4%                 | 1300                           | 0,05                         |
| 5              | Butyl                           | 25              | 0,02              | 100,0%                | 1300                           | 0,22                         |
| 6              | Polysulfid-Kunstharz            | 25              | 0,04              | 100,0%                | 1600                           | 0,62                         |
| 7              | EPDM                            | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1150                           | 0,07                         |
| <b>Summe:</b>  |                                 |                 |                   |                       |                                | 21,56                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 91,2  | 5,70E-06                         | 0,039  | 0,42   | 0,026  | 1509,8                    | 278,1                   | 1231,7                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 49,1  | 3,01E-06                         | 0,019  | 0,18   | 0,020  | 899,8                     | 85,8                    | 814,1                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |         |         |         |        |        |         |        |
|---|---------|---------|---------|---------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP     | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 185,9%  | 189,7%  | 207,9%  | 227,9%  | 135,2% | 167,8% | 324,3%  | 151,3% |
| Nutzung   | 14,3%   | 10,4%   | 10,3%   | 8,1%    | 6,9%   | 16,1%  | 1,8%    | 17,6%  |
| Entsorgung  | -100,1% | -100,2% | -118,1% | -136,0% | -42,1% | -83,9% | -226,0% | -68,9% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.3 FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |   |                                |      |
|---|---|--------------------------------|------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |   |                                |      |
| Bauteil-Nr.:                              | 6.2                                     | Anzahl Schichten               | 8    |
| Bauteilname:                              | FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas | Betrachtungszeitraum           | 50   |
|   |   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 73,5 |

| Bauteiltabelle |                              |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Einscheibensicherheitsglas   | 25              | 0,60              | 77,0%                 | 2500                           | 11,55                        |
| 2              | SZR                          | 25              | 1,20              | 77,0%                 | 0                              | 0,00                         |
| 3              | Floatglas                    | 25              | 0,40              | 77,0%                 | 2500                           | 7,70                         |
| 4              | Aluminium                    | 50              | 0,21              | 100,0%                | 2700                           | 5,54                         |
| 5              | Polyester Pulverbeschichtung | 50              | 0,02              | 17,4%                 | 1300                           | 0,05                         |
| 6              | Butyl                        | 25              | 0,02              | 100,0%                | 1300                           | 0,22                         |
| 7              | Polysulfid-Kunstharz         | 25              | 0,04              | 100,0%                | 1600                           | 0,62                         |
| 8              | EPDM                         | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1150                           | 0,07                         |
| <b>Summe:</b>  |                              |                 |                   |                       |                                | 25,74                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 94,9  | 5,95E-06                         | 0,041  | 0,44   | 0,031  | 1578,8                    | 278,6                   | 1300,2                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 74,5  | 4,14E-06                         | 0,029  | 0,33   | 0,044  | 1327,3                    | 90,8                    | 1236,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 127,4% | 143,6% | 142,1% | 132,4% | 69,3%  | 118,9% | 306,8%  | 105,2% |
| Nutzung   | 37,1%  | 30,0%  | 34,1%  | 40,6%  | 47,5%  | 37,0%  | 6,7%    | 39,2%  |
| Entsorgung  | -64,5% | -73,5% | -76,2% | -73,1% | -16,8% | -55,9% | -213,4% | -44,3% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.3 Sonnenschutzbauteile

#### 3.3.1 FF3 Sonnenschutzelemente

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF3 Sonnenschutzelemente“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                          |                                |         |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 7                        | Anzahl Schichten               | 4       |
| Bauteilname: | FF3 Sonnenschutzelemente | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|              |                          | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 2708,93 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Aluminium             | 25              | 0,10              | 100,0%                | 2700                           | 2,70                         |
| 2              | Stahl                 | 25              | 0,04              | 100,0%                | 7800                           | 3,43                         |
| 3              | Edelstahl             | 25              | 0,00              | 100,0%                | 7800                           | 0,14                         |
| 4              | Glasfaser-Gitterstoff | 25              | 0,20              | 100,0%                | 300                            | 0,60                         |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 6,87                         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 39,6  | 2,33E-06                         | 0,018  | 0,17   | 0,007  | 616,9                     | 135,6                   | 481,2                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 24,1  | 1,93E-06                         | 0,011  | 0,07   | 0,003  | 410,7                     | 81,8                    | 328,9                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |        |         |         |         |         |         |        |
|---|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|   | GWP     | ODP    | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 164,4%  | 120,4% | 168,1%  | 247,0%  | 231,9%  | 150,2%  | 165,9%  | 146,3% |
| Nutzung   | 50,0%   | 50,0%  | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%  |
| Entsorgung  | -114,4% | -70,4% | -118,1% | -197,0% | -181,9% | -100,2% | -115,9% | -96,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4 Türelemente

#### 3.4.1 Türen 1.1 Stahltüren Drahtglas

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Türen 1.1 Stahltüren Drahtglas“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                |                                |        |
|---|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 8.1                            | Anzahl Schichten               | 5      |
| Bauteilname:                              | Türen 1.1 Stahltüren Drahtglas | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 114,48 |

| Bauteiltabelle |                                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Drahtglas d=7mm, Glasanteil 98% | 50              | 0,69              | 65,0%                 | 2500                           | 11,15                        |
| 2              | Drahtglas d=7mm, Drahtanteil 2% | 50              | 0,01              | 65,0%                 | 7800                           | 0,71                         |
| 3              | Stahl                           | 50              | 0,09              | 100,0%                | 7800                           | 6,72                         |
| 4              | Polyuretanfüllung               | 50              | 1,60              | 100,0%                | 32                             | 0,51                         |
| 5              | EPDM                            | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1300                           | 0,12                         |
| <b>Summe:</b>  |                                 |                 |                   |                       |                                | 19,21                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 28,9  | 8,37E-07                         | 0,012  | 0,11   | 0,015  | 463,9                     | 9,7                     | 454,2                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 22,3  | 1,08E-06                         | 0,008  | 0,09   | 0,014  | 365,3                     | 9,2                     | 356,1                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 129,8% | 77,1% | 150,9% | 127,7% | 108,8% | 127,0% | 105,2% | 127,6% |
| Nutzung   | 1,5%   | 1,0%  | 1,6%   | 0,8%   | 0,5%   | 2,4%   | 0,6%   | 2,5%   |
| Entsorgung  | -31,4% | 21,8% | -52,4% | -28,4% | -9,3%  | -29,4% | -5,8%  | -30,0% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.2 Türen 1.2 Holztüren Drahtglas

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Türen 1.2 Holztüren Drahtglas“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                               |                                |        |
|---|-------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                               |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 8.2                           | Anzahl Schichten               | 4      |
| Bauteilname:                              | Türen 1.2 Holztüren Drahtglas | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                               | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1233,4 |

| Bauteiltabelle |                                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Drahtglas d=7mm, Glasanteil 98% | 50              | 0,69              | 52,1%                 | 2500                           | 8,94                         |
| 2              | Drahtglas d=7mm, Drahtanteil 2% | 50              | 0,01              | 52,1%                 | 7800                           | 0,57                         |
| 3              | Innentür Holz                   | 50              | 3,90              | 47,9%                 | 500                            | 9,34                         |
| 4              | EPDM                            | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1300                           | 0,12                         |
| <b>Summe:</b>  |                                 |                 |                   |                       |                                | 18,97                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 19,0  | 7,17E-07                         | 0,009  | 0,08   | 0,012  | 446,4                     | 196,5                   | 250,0                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 24,5  | 6,36E-07                         | 0,009  | 0,09   | 0,015  | 390,0                     | 195,9                   | 194,0                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |        |        |        |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 77,7% | 112,7% | 98,6% | 90,0% | 84,5% | 114,5% | 100,3% | 128,8% |
| Nutzung   | 1,4%  | 1,8%   | 1,4%  | 0,8%  | 0,5%  | 2,3%   | 0,0%   | 4,5%   |
| Entsorgung  | 20,9% | -14,5% | 0,0%  | 9,2%  | 15,1% | -16,8% | -0,3%  | -33,4% |

- Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz  
 Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen  
 Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen  
 AP: Versauerungspotenzial
- EP: Eutrophierungspotenzial  
 GWP: Treibhauspotenzial  
 ODP: Ozonschichtabbaupotenzial  
 POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.3 Türen 2 Stahltüren Vollblatt

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Türen 2 Stahltüren Vollblatt“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                             |                      |        |
|--------------|-----------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 9                           | Anzahl Schichten     | 4      |
| Bauteilname: | Türen2 Stahltüren Vollblatt | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                             | Gesamtfläche (m²)    | 309,96 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Polyester Pulverbeschichtung | 50              | 0,02              | 100,0%                | 1300              | 0,26            |
| 2             | Stahlblech verzinkt          | 50              | 0,20              | 100,0%                | 7800              | 15,60           |
| 3             | Mineralfaser Dämmung         | 50              | 6,00              | 100,0%                | 40                | 2,40            |
| 4             | EPDM                         | 25              | 0,01              | 100,0%                | 1300              | 0,13            |
| <b>Summe:</b> |                              |                 |                   |                       |                   | 18,39           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 31,6                              | 2,90E-07             | 0,014  | 0,11                             | 0,009                            | 451,6         | 13,2        | 438,4        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 17,3                              | 7,92E-07             | 0,005  | 0,05                             | 0,004                            | 225,7         | 12,1        | 213,6        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |         |        |         |         |        |         |
|---|--------|-------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|
|   | GWP    | ODP   | POCP    | AP     | EP      | Eges    | Ee     | Ene     |
| Erstellung  | 182,5% | 36,7% | 260,3%  | 195,7% | 208,3%  | 200,1%  | 109,1% | 205,2%  |
| Nutzung   | 2,1%   | 1,5%  | 2,5%    | 1,3%   | 1,7%    | 4,3%    | 0,5%   | 4,5%    |
| Entsorgung  | -84,7% | 61,8% | -162,8% | -97,0% | -110,0% | -104,4% | -9,6%  | -109,7% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.5 Außenwandbauteile

#### 3.5.1 AW1 Außenwand zweischalige Brüstung unter Fensterband

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW1 Außenwand zweischalige Brüstung unter Fensterband“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                   |                                |         |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                   |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 10                                | Anzahl Schichten               | 8       |
| Bauteilname:                              | AW1 Zweischalige Fassade Brüstung | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                                   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 2355,86 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Mineralische Pigmente | 40              | 0,07              | 100,0%                | 1600                           | 1,15                         |
| 2              | Beton C30/37          | 40              | 13,00             | 99,0%                 | 2300                           | 296,01                       |
| 3              | Bewehrungsstahl       | 40              | 13,00             | 1,0%                  | 7800                           | 10,14                        |
| 4              | Luftschicht           | 40              | 1,00              | 100,0%                | 0                              | 0,00                         |
| 5              | EPS Dämmung 040       | 40              | 6,00              | 100,0%                | 25                             | 1,50                         |
| 6              | Beton C30/37          | 50              | 12,00             | 99,0%                 | 2300                           | 273,24                       |
| 7              | Bewehrungsstahl       | 50              | 12,00             | 1,0%                  | 7800                           | 9,36                         |
| 8              | Dispersionsfarbe      | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 591,71                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien<br>bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|---|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr   | 80,0  | 3,27E-06                         | 0,019  | 0,17   | 0,018  | 699,3                     | 25,3                    | 674,0                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre  | 148,3   | 5,25E-06                         | 0,043  | 0,37   | 0,042  | 1299,1                    | 49,3                    | 1249,8                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 54,0% | 62,3% | 44,2% | 47,0% | 42,9% | 53,8% | 51,3% | 53,9% |
| Nutzung   | 36,5% | 36,8% | 37,8% | 39,0% | 36,8% | 40,2% | 36,6% | 40,4% |
| Entsorgung  | 9,6%  | 0,9%  | 18,0% | 14,1% | 20,3% | 6,0%  | 12,0% | 5,7%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.5.2 AW2 Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW2 Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                       |                                |        |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                       |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 11                                    | Anzahl Schichten               | 7      |
| Bauteilname:                              | AW2 Zweischalige Außenwand Stirnseite | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                       | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 641,45 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Mineralische Pigmente | 40              | 0,05              | 100,0%                | 1600                           | 0,86                         |
| 2              | Beton C30/37          | 40              | 10,00             | 99,0%                 | 2300                           | 227,70                       |
| 3              | Bewehrungsstahl       | 40              | 10,00             | 1,0%                  | 7800                           | 7,80                         |
| 4              | EPS Dämmung 040       | 40              | 8,00              | 100,0%                | 25                             | 2,00                         |
| 5              | Beton C30/37          | 50              | 12,00             | 99,0%                 | 2300                           | 273,24                       |
| 6              | Bewehrungsstahl       | 50              | 12,00             | 1,0%                  | 7800                           | 9,36                         |
| 7              | Dispersionsfarbe      | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 521,27                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 71,9  | 2,92E-06                         | 0,017  | 0,15   | 0,016  | 666,5                     | 22,3                    | 644,2                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 129,2   | 4,52E-06                         | 0,037  | 0,31   | 0,036  | 1209,7                    | 41,8                    | 1167,8                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 55,7% | 64,5% | 45,8% | 48,3% | 44,5% | 55,1% | 53,3% | 55,2% |
| Nutzung   | 34,5% | 34,6% | 35,9% | 37,1% | 34,8% | 39,5% | 34,3% | 39,7% |
| Entsorgung  | 9,8%  | 0,8%  | 18,4% | 14,7% | 20,7% | 5,4%  | 12,4% | 5,2%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.5.3 AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                                  |                                |         |
|--------------|----------------------------------|--------------------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 12                               | Anzahl Schichten               | 9       |
| Bauteilname: | AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|              |                                  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1701,96 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Mineralische Pigmente    | 50              | 0,14              | 100,0%                | 1600                           | 2,21                         |
| 2              | Beton C45/55             | 50              | 25,00             | 96,0%                 | 2300                           | 552,00                       |
| 3              | Bewehrungsstahl          | 50              | 25,00             | 4,0%                  | 7800                           | 78,00                        |
| 4              | Luftschicht              | 30              | 3,68              | 100,0%                | 0                              | 0,00                         |
| 5              | Mineralfaser Dämmung 040 | 30              | 5,00              | 100,0%                | 20                             | 1,00                         |
| 6              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 7              | Spanplatte               | 30              | 1,30              | 100,0%                | 600                            | 7,80                         |
| 8              | Rauhfaser tapete         | 30              | 0,10              | 100,0%                | 1200                           | 1,20                         |
| 9              | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                                | 642,72                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 119,8   | 6,18E-06                         | 0,033  | 0,28   | 0,029  | 1223,2                    | 208,4                   | 1014,8                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 184,8   | 6,18E-06                         | 0,043  | 0,40   | 0,101  | 1491,3                    | 368,5                   | 1122,8                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 64,8% | 100,0% | 76,5% | 71,8% | 29,2% | 82,0% | 56,6% | 90,4% |
| Nutzung   | 14,5% | 7,5%   | 14,9% | 13,6% | 10,3% | 19,2% | 44,0% | 11,1% |
| Entsorgung  | 20,6% | -7,6%  | 8,7%  | 14,5% | 60,6% | -1,2% | -0,6% | -1,4% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.5.4 AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                 |                      |       |
|---|---------------------------------|----------------------|-------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                 |                      |       |
| Bauteil-Nr.:                              | 13                              | Anzahl Schichten     | 8     |
| Bauteilname:                              | AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung | Betrachtungszeitraum | 50    |
|   |                                 | Gesamtfläche (m²)    | 82,98 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Mineralische Pigmente    | 50              | 0,11              | 100,0%                | 1600              | 1,73            |
| 2              | Beton C30/37             | 50              | 20,00             | 99,4%                 | 2300              | 457,24          |
| 3              | Bewehrungsstahl          | 50              | 20,00             | 0,6%                  | 7800              | 9,36            |
| 4              | Mineralfaser Dämmung 040 | 30              | 10,00             | 100,0%                | 20                | 2,00            |
| 5              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000              | 0,20            |
| 6              | Gipskartonplatte         | 30              | 1,25              | 100,0%                | 800               | 10,00           |
| 7              | Rauhfasertapete          | 30              | 0,10              | 100,0%                | 1200              | 1,20            |
| 8              | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                   | 482,04          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 65,5                              | 2,75E-06             | 0,018  | 0,18                             | 0,019                            | 527,7         | 21,5        | 506,2        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 89,7                              | 3,35E-06             | 0,027  | 0,27                             | 0,034                            | 692,6         | 32,5        | 660,1        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 73,0% | 82,1% | 65,3% | 68,3% | 55,2% | 76,2% | 66,1% | 76,7% |
| Nutzung   | 11,9% | 18,0% | 11,4% | 14,7% | 22,2% | 17,9% | 19,8% | 17,8% |
| Entsorgung  | 15,1% | -0,1% | 23,2% | 17,0% | 22,6% | 5,9%  | 14,0% | 5,5%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz  
 Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen  
 Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen  
 AP: Versauerungspotenzial  
 EP: Eutrophierungspotenzial  
 GWP: Treibhauspotenzial  
 ODP: Ozonschichtabbaupotenzial  
 POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.5.5 AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeheizte Halle

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeheizte Halle“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |  |                                |       |
|---|--|--------------------------------|-------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |  |                                |       |
| Bauteil-Nr.:                              | 14   | Anzahl Schichten               | 6     |
| Bauteilname:                              | AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeh. Halle | Betrachtungszeitraum           | 50    |
|   |  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 232,6 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Lasur                    | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1650                           | 0,33                         |
| 2              | Spanplatte               | 30              | 1,30              | 100,0%                | 600                            | 7,80                         |
| 3              | Mineralfaser Dämmung 040 | 30              | 4,00              | 100,0%                | 20                             | 0,80                         |
| 4              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | Spanplatte               | 30              | 1,30              | 100,0%                | 600                            | 7,80                         |
| 6              | Lasur                    | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1650                           | 0,33                         |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                                | 17,26                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 17,9  | 6,01E-07                         | 0,009  | 0,07   | 0,008  | 502,2                     | 324,5                   | 177,7                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,1  | 6,35E-07                         | 0,022  | 0,23   | 0,026  | 997,7                     | 646,6                   | 351,1                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 18,8% | 94,6%  | 42,0% | 29,7% | 31,3% | 50,3% | 50,2% | 50,6% |
| Nutzung   | 51,9% | 61,8%  | 53,5% | 60,9% | 51,7% | 52,5% | 50,1% | 57,1% |
| Entsorgung  | 29,3% | -56,5% | 4,5%  | 9,4%  | 17,0% | -2,9% | -0,3% | -7,7% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.5.6 AWE1 Außenwand gegen Erdreich

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AWE1 Außenwand gegen Erdreich“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                               |                                |         |
|---|-------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                               |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 15                            | Anzahl Schichten               | 5       |
| Bauteilname:                              | AWE1 Außenwand gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                               | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1136,99 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Polyamid Dränmatte  | 40              | 0,50              | 100,0%                | 1500                           | 7,50                         |
| 2              | Bitumenbeschichtung | 40              | 0,50              | 100,0%                | 1100                           | 5,50                         |
| 3              | Beton C30/37        | 50              | 25,00             | 99,4%                 | 2300                           | 571,55                       |
| 4              | Bewehrungsstahl     | 50              | 25,00             | 0,6%                  | 7800                           | 11,70                        |
| 5              | Dispersionsfarbe    | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 596,56                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 77,0  | 2,63E-06                         | 0,030  | 0,50   | 0,017  | 808,2                     | 23,8                    | 784,4                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 108,2   | 2,85E-06                         | 0,056  | 0,94   | 0,028  | 1235,4                    | 37,8                    | 1197,6                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 71,2% | 92,3% | 54,1% | 52,7% | 59,3% | 65,4% | 62,9% | 65,5% |
| Nutzung   | 13,6% | 7,5%  | 31,8% | 41,4% | 10,8% | 30,3% | 21,8% | 30,5% |
| Entsorgung  | 15,1% | 0,2%  | 14,0% | 5,9%  | 29,9% | 4,3%  | 15,4% | 4,0%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.5.7 AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                       |                                |        |
|---|---------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                       |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 16                                    | Anzahl Schichten               | 6      |
| Bauteilname:                              | AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                       | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 591,81 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Polyamid Dränmatte  | 40              | 0,50              | 100,0%                | 1500                           | 7,50                         |
| 2              | XPS Dämmung 040     | 40              | 4,00              | 100,0%                | 25                             | 1,00                         |
| 3              | Bitumenbeschichtung | 40              | 0,50              | 100,0%                | 1100                           | 5,50                         |
| 4              | Beton C30/37        | 50              | 25,00             | 99,4%                 | 2300                           | 571,55                       |
| 5              | Bewehrungsstahl     | 50              | 25,00             | 0,6%                  | 7800                           | 11,70                        |
| 6              | Dispersionfarbe     | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 597,56                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 79,7  | 2,71E-06                         | 0,031  | 0,50   | 0,017  | 889,3                     | 24,1                    | 865,2                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 114,6   | 2,98E-06                         | 0,058  | 0,96   | 0,030  | 1385,5                    | 38,4                    | 1347,1                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 69,5% | 90,7% | 53,9% | 52,5% | 58,3% | 64,2% | 62,8% | 64,2% |
| Nutzung   | 15,7% | 9,5%  | 32,5% | 41,5% | 12,8% | 32,4% | 22,2% | 32,7% |
| Entsorgung  | 14,8% | -0,2% | 13,6% | 6,0%  | 28,9% | 3,4%  | 15,0% | 3,1%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6 Bauteile Bodenplatte

#### 3.6.1 BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich / Tiefgarage

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich / Tiefgarage“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |   |                                |         |
|---|---|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |   |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 17  | Anzahl Schichten               | 4       |
| Bauteilname:                              | BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 2373,28 |

| Bauteiltabelle |                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Epoxidharz      | 20              | 0,30              | 100,0%                | 1200                           | 3,60                         |
| 2              | Gussasphalt     | 40              | 2,50              | 100,0%                | 2300                           | 57,50                        |
| 3              | Beton C30/37    | 50              | 15,00             | 99,0%                 | 2300                           | 341,55                       |
| 4              | Bewehrungsstahl | 50              | 15,00             | 1,0%                  | 7800                           | 11,70                        |
| <b>Summe:</b>  |                 |                 |                   |                       |                                | 414,35                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 77,9  | 1,86E-06                         | 0,026  | 0,17   | 0,026  | 1017,0                    | 19,6                    | 997,4                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 158,7   | 1,83E-06                         | 0,056  | 0,38   | 0,075  | 2212,1                    | 34,1                    | 2178,0                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 49,1% | 101,3% | 45,8% | 43,4% | 34,8% | 46,0% | 57,5% | 45,8% |
| Nutzung   | 43,7% | -0,7%  | 45,4% | 47,1% | 50,9% | 52,2% | 32,6% | 52,5% |
| Entsorgung  | 7,2%  | -0,6%  | 8,8%  | 9,5%  | 14,3% | 1,8%  | 9,9%  | 1,7%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6.2 BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |  |                                |         |
|---|--|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |  |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 18                                       | Anzahl Schichten               | 8       |
| Bauteilname:                              | BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 2064,36 |

| Bauteiltabelle |                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Fliesen         | 30              | 0,80              | 100,0%                | 2000                           | 16,00                        |
| 2              | Fliesenkleber   | 30              | 0,20              | 100,0%                | 1900                           | 3,80                         |
| 3              | Zementestrich   | 30              | 7,00              | 100,0%                | 2000                           | 140,00                       |
| 4              | Bitumenbahn     | 30              | 1,00              | 100,0%                | 1200                           | 12,00                        |
| 5              | PUR Dämmung 040 | 30              | 4,00              | 100,0%                | 30                             | 1,20                         |
| 6              | PE-Folie        | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 7              | Beton C30/37    | 50              | 15,00             | 99,0%                 | 2300                           | 341,55                       |
| 8              | Bewehrungsstahl | 50              | 15,00             | 1,0%                  | 7800                           | 11,70                        |
| <b>Summe:</b>  |                 |                 |                   |                       |                                | 526,45                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 95,2  | 2,85E-06                         | 0,017  | 0,96   | 0,022  | 1286,0                    | 33,2                    | 1252,8                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 167,1   | 3,83E-06                         | 0,033  | 1,90   | 0,071  | 2329,2                    | 56,2                    | 2273,0                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 57,0% | 74,4% | 53,1% | 50,5% | 31,4% | 55,2% | 59,1% | 55,1% |
| Nutzung   | 34,7% | 26,2% | 30,0% | 47,3% | 39,8% | 42,2% | 34,7% | 42,4% |
| Entsorgung  | 8,3%  | -0,6% | 16,8% | 2,2%  | 28,8% | 2,6%  | 6,2%  | 2,5%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.7 Deckenbauteile

#### 3.7.1 FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |   |                                |         |
|---|---|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |   |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 19                                      | Anzahl Schichten               | 11      |
| Bauteilname:                              | FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1299,65 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Epoxidharz               | 20              | 0,30              | 100,0%                | 1200                           | 3,60                         |
| 2              | Zementestrich            | 30              | 4,00              | 100,0%                | 2000                           | 80,00                        |
| 3              | EPS Dämmung              | 30              | 5,00              | 100,0%                | 25                             | 1,25                         |
| 4              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | Beton C30/37 Ortbeton    | 50              | 11,00             | 97,7%                 | 2300                           | 247,18                       |
| 6              | Bewehrungsstahl Ortbeton | 50              | 11,00             | 2,3%                  | 7800                           | 19,73                        |
| 7              | Beton C 35/45 FT         | 50              | 5,00              | 97,7%                 | 2300                           | 112,36                       |
| 8              | Bewehrungsstahl FT       | 50              | 5,00              | 2,3%                  | 7800                           | 8,97                         |
| 9              | Luftschicht              | 50              | 27,00             | 100,0%                | 0                              | 0,00                         |
| 10             | Gipskartonplatten        | 30              | 1,25              | 100,0%                | 800                            | 10,00                        |
| 11             | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                                | 483,60                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 110,3   | 3,63E-06                         | 0,025  | 0,23   | 0,034  | 1231,6                    | 40,2                    | 1191,4                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 215,1   | 4,03E-06                         | 0,051  | 0,49   | 0,108  | 2459,0                    | 60,5                    | 2398,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 51,3% | 90,2% | 49,2% | 46,4% | 31,8% | 50,1% | 66,4% | 49,7% |
| Nutzung   | 41,3% | 12,4% | 41,8% | 45,3% | 44,5% | 49,0% | 30,2% | 49,5% |
| Entsorgung  | 7,4%  | -2,6% | 9,0%  | 8,3%  | 23,7% | 0,9%  | 3,3%  | 0,8%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.7.2 FuD2 Decke EG gegen unbeheizten Keller

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD2 Decke EG gegen unbeheizten Keller“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                   |                                |         |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                   |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 20                                | Anzahl Schichten               | 10      |
| Bauteilname:                              | FuD2 Decke EG gegen unbeh. Keller | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                                   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 3739,56 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Teppichboden Verlours    | 10              | 0,50              | 100,0%                | 340                            | 1,70                         |
| 2              | Teppichkleber            | 10              | 0,10              | 100,0%                | 1300                           | 1,30                         |
| 3              | Zementestrich            | 30              | 5,00              | 100,0%                | 2000                           | 100,00                       |
| 4              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | EPS Dämmung              | 30              | 5,00              | 100,0%                | 25                             | 1,25                         |
| 6              | Beton C30/37 Ortbeton    | 50              | 11,00             | 98,8%                 | 2300                           | 249,96                       |
| 7              | Bewehrungsstahl Ortbeton | 50              | 11,00             | 1,2%                  | 7800                           | 10,30                        |
| 8              | Beton C 35/45 FT         | 50              | 5,00              | 98,8%                 | 2300                           | 113,62                       |
| 9              | Bewehrungsstahl FT       | 50              | 5,00              | 1,2%                  | 7800                           | 4,68                         |
| 10             | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                                | 483,32                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien<br>bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|---|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr   | 83,2  | 2,84E-06                         | 0,019  | 0,17   | 0,025  | 769,3                     | 20,3                    | 748,9                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre  | 180,1   | 4,00E-06                         | 0,049  | 0,43   | 0,096  | 1664,0                    | 33,3                    | 1630,7                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 46,2% | 71,0% | 39,9% | 40,2% | 25,8% | 46,2% | 61,1% | 45,9% |
| Nutzung   | 44,7% | 32,4% | 50,7% | 50,4% | 47,8% | 52,8% | 33,3% | 53,2% |
| Entsorgung  | 9,1%  | -3,4% | 9,4%  | 9,5%  | 26,4% | 1,0%  | 5,6%  | 0,9%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.7.3 FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                                |                                |        |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 21                             | Anzahl Schichten               | 10     |
| Bauteilname: | FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|              |                                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 600,01 |

**Bauteiltabelle**

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Parkettlack              | 8               | 0,06              | 100,0%                | 1200                           | 0,72                         |
| 2             | Eichenholzpflaster       | 30              | 2,00              | 100,0%                | 800                            | 16,00                        |
| 3             | Zementestrich            | 30              | 5,00              | 100,0%                | 2000                           | 100,00                       |
| 4             | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5             | EPS Dämmung              | 30              | 8,00              | 100,0%                | 25                             | 2,00                         |
| 6             | Beton C30/37 Ortbeton    | 50              | 11,00             | 98,8%                 | 2300                           | 249,96                       |
| 7             | Bewehrungsstahl Ortbeton | 50              | 11,00             | 1,2%                  | 7800                           | 10,30                        |
| 8             | Beton C 35/45 FT         | 50              | 5,00              | 98,8%                 | 2300                           | 113,62                       |
| 9             | Bewehrungsstahl FT       | 50              | 5,00              | 1,2%                  | 7800                           | 4,68                         |
| 10            | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b> |                          |                 |                   |                       |                                | 497,79                       |

**Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien**

bezogen auf 1 m<sup>2</sup> Bauteilfläche

|                          | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
|--------------------------|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Erstellungsjahr          | 105,7   | 5,45E-06                         | 0,024  | 0,30   | 0,025  | 1401,0                    | 256,3                   | 1144,7                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre | 237,9   | 7,89E-06                         | 0,045  | 0,58   | 0,084  | 2413,1                    | 495,5                   | 1917,5                   |

**Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus**

|            | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Erstellung | 44,4% | 69,1% | 53,8% | 51,4% | 30,2% | 58,1% | 51,7% | 59,7% |
| Nutzung    | 35,3% | 33,2% | 28,7% | 23,7% | 33,3% | 37,8% | 47,9% | 35,2% |
| Entsorgung | 20,2% | -2,3% | 17,6% | 24,9% | 36,5% | 4,1%  | 0,4%  | 5,1%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.7.4 FuD4 Innendecke mit Teppichboden

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD4 Innendecke mit Teppichboden“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                                  |                      |          |
|--------------|----------------------------------|----------------------|----------|
| Bauteil-Nr.: | 22                               | Anzahl Schichten     | 8        |
| Bauteilname: | FuD4 Innendecke mit Teppichboden | Betrachtungszeitraum | 50       |
|              |                                  | Gesamtfläche (m²)    | 10029,66 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Teppichboden Verlours    | 10              | 0,50              | 100,0%                | 340               | 1,70            |
| 2              | Teppichkleber            | 10              | 0,10              | 100,0%                | 1300              | 1,30            |
| 3              | Zementestrich            | 40              | 4,00              | 100,0%                | 2000              | 80,00           |
| 4              | Beton C30/37 Ortbeton    | 50              | 11,00             | 98,8%                 | 2300              | 249,96          |
| 5              | Bewehrungsstahl Ortbeton | 50              | 11,00             | 1,2%                  | 7800              | 10,30           |
| 6              | Beton C 35/45 FT         | 50              | 5,00              | 98,8%                 | 2300              | 113,62          |
| 7              | Bewehrungsstahl FT       | 50              | 5,00              | 1,2%                  | 7800              | 4,68            |
| 8              | Dispersionsfarbe         | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                   | 461,87          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 74,9                              | 2,64E-06             | 0,017  | 0,15                             | 0,022                            | 626,8         | 19,4        | 607,4        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 160,4                             | 3,65E-06             | 0,044  | 0,38                             | 0,086                            | 1395,0        | 31,7        | 1363,3       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 46,7% | 72,3% | 39,0% | 39,6% | 25,5% | 44,9% | 61,3% | 44,6% |
| Nutzung   | 44,0% | 30,7% | 50,8% | 50,4% | 47,6% | 53,4% | 32,4% | 53,8% |
| Entsorgung  | 9,3%  | -3,1% | 10,1% | 10,0% | 27,0% | 1,7%  | 6,3%  | 1,6%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.7.5 FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                      |                                |         |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                      |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 23                                   | Anzahl Schichten               | 5       |
| Bauteilname:                              | FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                                      | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1539,53 |

| Bauteiltabelle |                  |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung      | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Epoxidharz       | 20              | 0,30              | 100,0%                | 1200                           | 3,60                         |
| 2              | Gussasphalt      | 40              | 2,00              | 100,0%                | 2000                           | 40,00                        |
| 3              | Beton C30/37     | 50              | 20,23             | 98,8%                 | 2300                           | 459,71                       |
| 4              | Bewehrungsstahl  | 50              | 20,23             | 1,2%                  | 7800                           | 19,41                        |
| 5              | Dispersionsfarbe | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                  |                 |                   |                       |                                | 523,03                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 93,7  | 2,69E-06                         | 0,026  | 0,19   | 0,030  | 1100,4                    | 27,1                    | 1073,2                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 175,7   | 2,77E-06                         | 0,055  | 0,42   | 0,078  | 2297,8                    | 43,7                    | 2254,1                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 53,3% | 97,1% | 47,5% | 46,2% | 38,1% | 47,9% | 62,1% | 47,6% |
| Nutzung   | 39,0% | 2,4%  | 40,9% | 42,9% | 47,7% | 49,5% | 27,2% | 50,0% |
| Entsorgung  | 7,6%  | 0,5%  | 11,6% | 10,9% | 14,3% | 2,6%  | 10,7% | 2,4%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.7.6 FuD6 Verbindungsstege Block A-B

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD6 Verbindungsstege Block A-B“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblinhaus in Stuttgart"

|              |                                 |                      |       |
|--------------|---------------------------------|----------------------|-------|
| Bauteil-Nr.: | 24                              | Anzahl Schichten     | 6     |
| Bauteilname: | FuD6 Verbindungsstege Block A-B | Betrachtungszeitraum | 50    |
|              |                                 | Gesamtfläche (m²)    | 530,3 |

**Bauteiltabelle**

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Teppichboden Verlours | 10              | 0,50              | 100,0%                | 340               | 1,70            |
| 2             | Teppichkleber         | 10              | 0,10              | 100,0%                | 1300              | 1,30            |
| 3             | Zementestrich         | 40              | 4,00              | 100,0%                | 2000              | 80,00           |
| 4             | Mineralische Pigmente | 50              | 0,09              | 100,0%                | 1600              | 1,44            |
| 5             | Beton C45/55          | 50              | 16,00             | 98,5%                 | 2300              | 362,48          |
| 6             | Bewehrungsstahl       | 50              | 16,00             | 1,5%                  | 7800              | 18,72           |
| <b>Summe:</b> |                       |                 |                   |                       |                   | 465,64          |

**Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien**

bezogen auf 1m² Bauteilfläche

|                          | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| Erstellungsjahr          | 86,0                              | 3,17E-06             | 0,021  | 0,19                             | 0,024                            | 716,5         | 21,3        | 695,2        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre | 174,8                             | 3,93E-06             | 0,045  | 0,42                             | 0,109                            | 1391,2        | 29,5        | 1361,7       |

**Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus**

|            | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Erstellung | 49,2% | 80,7% | 46,3% | 46,2% | 22,0% | 51,5% | 72,2% | 51,1% |
| Nutzung    | 39,7% | 26,0% | 48,3% | 45,1% | 36,8% | 49,7% | 31,8% | 50,0% |
| Entsorgung | 11,1% | -6,7% | 5,4%  | 8,6%  | 41,1% | -1,2% | -4,1% | -1,1% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.7.7 FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                      |                                |         |
|---|--------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                      |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 25                                   | Anzahl Schichten               | 6       |
| Bauteilname:                              | FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|   |                                      | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1757,94 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Mineralische Pigmente | 50              | 0,07              | 100,0%                | 1600                           | 1,15                         |
| 2              | Beton C30/37          | 50              | 13,00             | 98,8%                 | 2300                           | 295,41                       |
| 3              | Bewehrungsstahl       | 50              | 13,00             | 1,2%                  | 7800                           | 12,47                        |
| 4              | Beton C35/45 FT       | 50              | 20,23             | 98,8%                 | 2300                           | 459,71                       |
| 5              | Bewehrungsstahl FT    | 50              | 20,23             | 1,2%                  | 7800                           | 19,41                        |
| 6              | Dispersionsfarbe      | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 788,46                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 107,6   | 4,54E-06                         | 0,023  | 0,20   | 0,024  | 794,1                     | 31,3                    | 762,7                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 132,6   | 4,50E-06                         | 0,029  | 0,27   | 0,075  | 913,6                     | 34,6                    | 879,1                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 81,2% | 101,1% | 77,5% | 76,6% | 31,8% | 86,9% | 90,7% | 86,8% |
| Nutzung   | 0,9%  | 2,2%   | 0,6%  | 1,3%  | 1,0%  | 5,9%  | 2,6%  | 6,0%  |
| Entsorgung  | 17,9% | -3,3%  | 21,9% | 22,1% | 67,1% | 7,2%  | 6,8%  | 7,2%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.8 Innenwandbauteile

#### 3.8.1 FuW1 Wand gegen unbeheizt mit Innendämmung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW1 Wand gegen unbeheizt mit Innendämmung“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                     |                                |        |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                     |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                              | 26                                  | Anzahl Schichten               | 8      |
| Bauteilname:                              | FuW1 Wand gegen unbeh. Innendämmung | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|   |                                     | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 516,89 |

| Bauteiltabelle |                          |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung              | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Fliesen                  | 30              | 0,80              | 100,0%                | 2000                           | 16,00                        |
| 2              | Fliesenkleber            | 30              | 0,20              | 100,0%                | 1900                           | 3,80                         |
| 3              | Gipskartonplatten        | 30              | 1,25              | 100,0%                | 800                            | 10,00                        |
| 4              | PE-Folie                 | 30              | 0,02              | 100,0%                | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | EPS Dämmung              | 30              | 6,00              | 100,0%                | 25                             | 1,50                         |
| 6              | Beton C30/37 Ortbeton    | 50              | 20,00             | 99,4%                 | 2300                           | 457,24                       |
| 7              | Bewehrungsstahl Ortbeton | 50              | 20,00             | 0,6%                  | 7800                           | 9,36                         |
| 8              | Mineralische Pigmente    | 50              | 0,11              | 100,0%                | 1600                           | 1,73                         |
| <b>Summe:</b>  |                          |                 |                   |                       |                                | 499,83                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1 m <sup>2</sup> Bauteilfläche       |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 67,4  | 2,48E-06                         | 0,016  | 0,16   | 0,017  | 618,7                     | 21,0                    | 597,7                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 93,1  | 2,88E-06                         | 0,026  | 0,23   | 0,032  | 899,9                     | 32,3                    | 867,6                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 72,4% | 86,1% | 62,4% | 67,1% | 51,1% | 68,8% | 65,1% | 68,9% |
| Nutzung   | 14,1% | 13,1% | 13,8% | 14,1% | 20,6% | 24,7% | 20,3% | 24,8% |
| Entsorgung  | 13,5% | 0,8%  | 23,8% | 18,8% | 28,2% | 6,6%  | 14,5% | 6,3%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.8.2 FuW2 Innenwand massiv

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW2 Innenwand massiv“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                       |                      |         |
|---|-----------------------|----------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                       |                      |         |
| Bauteil-Nr.:                              | 27                    | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname:                              | FuW2 Innenwand massiv | Betrachtungszeitraum | 50      |
|   |                       | Gesamtfläche (m²)    | 5446,63 |

| <b>Bauteiltabelle</b> |                  |                 |                   |                       |                   |                 |
|-----------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.           | Bezeichnung      | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1                     | Dispersionsfarbe | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550              | 0,31            |
| 2                     | Kalkzementputz   | 50              | 0,75              | 100,0%                | 1800              | 13,50           |
| 3                     | Beton C30/37     | 50              | 20,00             | 99,4%                 | 2300              | 457,24          |
| 4                     | Bewehrungsstahl  | 50              | 20,00             | 0,6%                  | 7800              | 9,36            |
| 5                     | Kalkzementputz   | 50              | 0,75              | 100,0%                | 1800              | 13,50           |
| 6                     | Dispersionsfarbe | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>         |                  |                 |                   |                       |                   | 494,22          |

| <b>Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien</b> |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                           |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr   | 60,0                              | 2,06E-06             | 0,011  | 0,10                             | 0,013                            | 428,4         | 13,6        | 414,8        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                                | 73,0                              | 2,32E-06             | 0,017  | 0,15                             | 0,023                            | 615,3         | 20,2        | 595,1        |

| <b>Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung   | 82,2% | 88,7% | 62,4% | 68,0% | 57,3% | 69,6% | 67,2% | 69,7% |
| Nutzung  | 3,4%  | 8,7%  | 2,0%  | 4,6%  | 6,6%  | 17,4% | 8,7%  | 17,7% |
| Entsorgung   | 14,4% | 2,6%  | 35,5% | 27,4% | 36,0% | 13,0% | 24,1% | 12,6% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |



### 3.8.3 FuW3 leichte Gipskarton Trennwand

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW3 leichte Gipskarton Trennwand“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                   |                                |          |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|----------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                   |                                |          |
| Bauteil-Nr.:                              | 28                                | Anzahl Schichten               | 6        |
| Bauteilname:                              | FuW3 leichte Gipskarton Trennwand | Betrachtungszeitraum           | 50       |
|   |                                   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 13452,32 |

| Bauteiltabelle |                   |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsfarbe  | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Gipskartonplatten | 30              | 2,50              | 100,0%                | 800                            | 20,00                        |
| 3              | Mineralwolle      | 30              | 4,00              | 100,0%                | 22                             | 0,88                         |
| 4              | Metallständerwand | 50              | 5,00              | 100,0%                | 50                             | 2,50                         |
| 5              | Gipskartonplatten | 30              | 2,50              | 100,0%                | 800                            | 20,00                        |
| 6              | Dispersionsfarbe  | 15              | 0,02              | 100,0%                | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                   |                 |                   |                       |                                | 44,00                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 15,2  | 7,65E-07                         | 0,004  | 0,04   | 0,005  | 261,5                     | 23,3                    | 238,1                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 28,9  | 1,68E-06                         | 0,005  | 0,07   | 0,017  | 491,4                     | 45,5                    | 445,9                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |        |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung   | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 55,2% |
| Entsorgung  | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.9 Bauteile aus Beton

#### 3.9.1 Beton1 Betonfertigteile

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Beton1 Betonfertigteile“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                         |                      |    |
|---|-------------------------|----------------------|----|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                         |                      |    |
| Bauteil-Nr.:                              | 29                      | Anzahl Schichten     | 14 |
| Bauteilname:                              | Beton1 Betonfertigteile | Betrachtungszeitraum | 50 |
|   |                         | Gesamt               | 1  |

| Bauteiltabelle |                                |                 |            |          |                   |              |
|----------------|--------------------------------|-----------------|------------|----------|-------------------|--------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Menge [m³] | Anteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg] |
| 1              | Beton C35/45 FT-Treppen        | 50              | 52,28      | 98,5%    | 2300              | 1184,40      |
| 2              | Bewehrungsstahl FT-Treppen     | 50              | 52,28      | 1,5%     | 7800              | 61,17        |
| 3              | Beton C30/37 Pflanztröge       | 50              | 21,82      | 99,4%    | 2300              | 498,85       |
| 4              | Bewehrungsstahl Pflanztröge    | 50              | 21,82      | 0,6%     | 7800              | 10,21        |
| 5              | Beton C30/37 Turmkappen        | 50              | 115,40     | 97,7%    | 2300              | 2593,15      |
| 6              | Bewehrungsstahl Turmkappen     | 50              | 115,40     | 2,3%     | 7800              | 207,03       |
| 7              | Beton C30/37 Blockstufen       | 50              | 12,13      | 99,5%    | 2300              | 277,60       |
| 8              | Bewehrungsstahl Blockstufen    | 50              | 12,13      | 0,5%     | 7800              | 4,73         |
| 9              | Beton C30/37 Fundamente        | 50              | 1828,24    | 99,3%    | 2300              | 41755,17     |
| 10             | Bewehrungsstahl Fundamente     | 50              | 1828,24    | 0,7%     | 7800              | 998,22       |
| 11             | Beton C45/55 3-Gelenkrahmen    | 50              | 69,70      | 96,2%    | 2300              | 1542,18      |
| 12             | Bewehrungsstahl 3-Gelenkrahmen | 50              | 69,70      | 3,8%     | 7800              | 206,59       |
| 13             | Beton C35/45 Mitteltürme       | 50              | 41,68      | 98,5%    | 2300              | 944,26       |
| 14             | Bewehrungsstahl Mitteltürme    | 50              | 41,68      | 1,5%     | 7800              | 48,77        |
| <b>Summe:</b>  |                                |                 |            |          |                   | 50332,33     |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| bezogen auf Betonfertigteile Gesamt              |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu. | ODP<br>kgR11-Äqu. | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu. | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu. | Eges<br>MJ | Ee<br>MJ | Ene<br>MJ |
| Erstellungsjahr                                  | 617060,2                       | 2,43E-02          | 120,232                                       | 1060,88                       | 137,847                       | 4195289,0  | 177499,8 | 4017789,1 |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 726515,1                       | 2,49E-02          | 181,984                                       | 1468,62                       | 235,380                       | 4990820,1  | 225391,0 | 4765429,1 |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 84,9% | 97,8% | 66,1% | 72,2% | 58,6% | 84,1% | 78,8% | 84,3% |
| Nutzung   | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Entsorgung  | 15,1% | 2,2%  | 33,9% | 27,8% | 41,4% | 15,9% | 21,2% | 15,7% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.10 Schlosserarbeiten

#### 3.10.1 SA1 Schlosserarbeiten / Stahlbau

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „SA1 Schlosserarbeiten / Stahlbau“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|   |                                |                      |    |
|---|--------------------------------|----------------------|----|
| <b>Gebäude:</b> "Züblinhaus in Stuttgart" |                                |                      |    |
| Bauteil-Nr.:                              | 30                             | Anzahl Schichten     | 1  |
| Bauteilname:                              | SA1 Schlosserarbeiten/Stahlbau | Betrachtungszeitraum | 50 |
|   |                                | Gesamt               | 1  |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                         |          |                                |              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------------|----------|--------------------------------|--------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Menge [m <sup>3</sup> ] | Anteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg] |
| 1              | Stahlblech verzinkt | 50              | 6,87                    | 100,0%   | 7800                           | 53620,00     |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                         |          |                                | 53620,00     |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien<br>bezogen auf Schlosserarbeiten/Stahlbau gesamt |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu. | ODP<br>kgR11-Äqu. | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu. | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu. | Eges<br>MJ | Ee<br>MJ | Ene<br>MJ |
| Erstellungsjahr   | 93620,5                        | 3,59E-04          | 40,886  | 258,08                        | 24,425                        | 1304949,6  | 41823,6  | 1263126,0 |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre  | 37802,1                        | 2,15E-03          | 11,341  | 66,32                         | 6,751                         | 553679,8   | 38338,3  | 515341,5  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |       |         |         |         |         |        |         |
|---|---------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
|   | GWP     | ODP   | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee     | Ene     |
| Erstellung  | 247,7%  | 16,7% | 360,5%  | 389,1%  | 361,8%  | 235,7%  | 109,1% | 245,1%  |
| Nutzung   | 0,0%    | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%   | 0,0%    |
| Entsorgung  | -147,7% | 83,3% | -260,5% | -289,1% | -261,8% | -135,7% | -9,1%  | -145,1% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

#### **4 Literaturverzeichnis**

- [1] DIN EN ISO 14040:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [2] DIN EN ISO 14044:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [3] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001

## 5 Bauteilflächen des Züblinhauses in Stuttgart

Die nachfolgende Abbildung erhält eine Darstellung der Bauteilflächen des Züblinhauses in Stuttgart.

| Nr.  | Bauteilname                                 | Mengen   | Einheit        |
|------|---|----------|----------------|
| 01   | FD1 Flachdach Terrassen                     | 703,78   | m <sup>2</sup> |
| 02   | FD2 Galerie über 05.OG Innenhof             | 256,21   | m <sup>2</sup> |
| 03   | FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale         | 897,84   | m <sup>2</sup> |
| 04   | FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle            | 3495,83  | m <sup>2</sup> |
| 05   | FF1 Fensterband Holz                        | 3571,66  | m <sup>2</sup> |
| 06.1 | FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas       | 268,83   | m <sup>2</sup> |
| 06.2 | FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas     | 73,50    | m <sup>2</sup> |
| 07   | FF3 Sonnenschutzelemente                    | 2708,93  | m <sup>2</sup> |
| 08.1 | Türen1.1 Stahltüren Drahtglas               | 114,48   | m <sup>2</sup> |
| 08.2 | Türen1.2 Holztüren Drahtglas                | 1233,40  | m <sup>2</sup> |
| 09   | Türen2 Stahltüren Vollblatt                 | 309,96   | m <sup>2</sup> |
| 10   | AW1 Zweischalige Fassade Brüstung           | 2355,86  | m <sup>2</sup> |
| 11   | AW2 Zweischalige Außenwand Stirnseite       | 641,45   | m <sup>2</sup> |
| 12   | AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung            | 1701,96  | m <sup>2</sup> |
| 13   | AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung             | 82,98    | m <sup>2</sup> |
| 14   | AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeh. Halle  | 232,60   | m <sup>2</sup> |
| 15   | AWE1 Außenwand gegen Erdreich               | 1136,99  | m <sup>2</sup> |
| 16   | AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt       | 591,81   | m <sup>2</sup> |
| 17   | BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage | 2373,28  | m <sup>2</sup> |
| 18   | BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt    | 2064,36  | m <sup>2</sup> |
| 19   | FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach     | 1299,65  | m <sup>2</sup> |
| 20   | FuD2 Decke EG gegen unbeh. Keller           | 3739,56  | m <sup>2</sup> |
| 21   | FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG              | 600,01   | m <sup>2</sup> |
| 22   | FuD4 Innendecke mit Teppichboden            | 10029,66 | m <sup>2</sup> |
| 23   | FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe        | 1539,53  | m <sup>2</sup> |
| 24   | FuD6 Verbindungsstege Block A-B             | 530,30   | m <sup>2</sup> |
| 25   | FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage        | 1757,94  | m <sup>2</sup> |
| 26   | FuW1 Wand gegen unbeh. Innendämmung         | 516,89   | m <sup>2</sup> |
| 27   | FuW2 Innenwand massiv                       | 5446,63  | m <sup>2</sup> |
| 28   | FuW3 leichte Gipskarton Trennwand           | 13452,32 | m <sup>2</sup> |
| 29   | Beton1 Betonfertigteile                     | 50332,33 | kg             |
| 30   | SA1 Schlosserarbeiten/Stahlbau              | 53620,00 | kg             |

Abbildung 33 Bauteilflächen des Züblinhauses in Stuttgart

**Anlage 2: Züblinhaus – Ökologische Bilanzierung- Spezialbauteile**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

Inhaltsverzeichnis

| Gebäude    | Bauteilname  | Seite |
|------------|--|-------|
| Z-Zwo      | <b>ABL 2</b> Decke über TG, Keller                 | 1     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Brüstung (Beton + vorgeh. Metallfass.) | 2     |
| Z-Zwo      | <b>BoPL</b> Bodenplatte                            | 3     |
| Z-Zwo      | <b>FD 1</b> Flachdach (begrünt)                    | 4     |
| Z-Zwo      | <b>FF 2</b> Fensterband (OG)                       | 5     |
| Z-Zwo      | <b>FuW 2</b> Gika Wand                             | 6     |
| Z-Zwo      | <b>Fu W 4</b> Strähle Wand 2000                    | 7     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Außenwand WDVS                         | 8     |
| DVA        | <b>Fu D 1</b> Decke über UG                        | 9     |
| DVA        | <b>Fu D 4</b> Innendecke mit Linoleumbelag         | 10    |
| Züblinhaus | <b>FF</b> Fensterband Holz                         | 11    |
| Züblinhaus | <b>FuD 4</b> Innendecke mit Teppichboden           | 12    |

Anlage enthält **12** Seiten



















**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                    |                      |        |
|--------------|--------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 15                 | Anzahl Schichten     | 11     |
| Bauteilname: | FuD1 Decke über UG | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                    | Gesamtfläche (m²)    | 343,98 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Linoleum                              | 20              | 0,45              | 100%                  | 1000              | 4,50            |
| 2              | Kleber                                | 20              | 0,10              | 100%                  | 1300              | 1,30            |
| 3              | Zementestrich                         | 40              | 6,00              | 100%                  | 2000              | 120,00          |
| 4              | PE-Folie                              | 40              | 0,20              | 100%                  | 1000              | 2,00            |
| 5              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300              | 202,86          |
| 6              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800              | 14,04           |
| 7              | Luftschicht                           | 50              | 25,00             | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 8              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800              | 1,01            |
| 9              | Mineralfaser 040                      | 30              | 8,00              | 100%                  | 20                | 1,60            |
| 10             | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800               | 10,00           |
| 11             | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                   | 357,62          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 70,2                              | 0,000003             | 0,023  | 0,23                             | 0,034                            | 841,8         | 74,1        | 792,3        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 134,5                             | 0,000005             | 0,047  | 0,50                             | 0,101                            | 1563,1        | 182,6       | 1277,5       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,2% | 63,6% | 47,7% | 46,6% | 33,6% | 53,9% | 40,6% | 62,0% |
| Nutzung   | 38,6% | 37,9% | 45,9% | 47,3% | 49,7% | 43,5% | 58,6% | 39,5% |
| Entsorgung  | 9,2%  | -1,5% | 6,5%  | 6,1%  | 16,7% | 2,6%  | 0,8%  | -1,5% |









**Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

**INHALT**

- Legende zur Kurzbezeichnung für Auswertung
- Auswertung Primärenergiebedarf<sub>,gesamt</sub> [PE<sub>Ges</sub>]
- Auswertung Treibhauspotential [GWP]
- Auswertung Ozonbildungspotential [POCP]
- Auswertung Ozonschicht- zerstörungspotential bzw. -abbaupotential [ODP]
- Auswertung Versauerungspotential [AP]
- Auswertung Eutrophierungspotential [EP]

**Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

**LEGENDE zur Kurzbezeichnung für Auswertung**

| lfd. Registernr. TU DA | Bauteilbezeichnung nach Bauteilkatalog      | Kurzbezeichnung für Auswertung |
|------------------------|---|--------------------------------|
| 8.1                    | Türen1.1 Stahltüren Drahtglas               | Tü 1                           |
| 9                      | Türen2 Stahltüren Vollblatt                 | Tü 2                           |
| 8.2                    | Türen1.2 Holztüren Drahtglas                | Tü 3                           |
| 30                     | SA1 Schlosserarbeiten/Stahlbau              | SA 1                           |
| 7                      | FF3 Sonnenschutzelemente                    | SS 1                           |
| 12                     | AW3 Fassade/Pfeiler Innendämmung            | ST 1                           |
| 6.2                    | FF2.2 Fensterband Aluminium Isolierglas     | FF 1                           |
| 6.1                    | FF2.1 Fensterband Aluminium Drahtglas       | FF 2                           |
| 5                      | FF1 Fensterband Holz                        | FF 3                           |
| 29                     | Beton1 Betonfertigteile                     | FT 1                           |
| 18                     | BoPI2 Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt    | BoPI 1                         |
| 17                     | BoPI1 Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage | BoPI 2                         |
| 13                     | AW4 Innengedämmte Wand/Brüstung             | WA 1                           |
| 14                     | AW5 Fenster Paneel Innenhof / unbeh. Halle  | WA 2                           |
| 26                     | FuW1 Wand gegen unbeh. Innendämmung         | WA 3                           |
| 11                     | AW2 Zweischalige Außenwand Stirnseite       | WA 4                           |
| 16                     | AWE2 Außenwand gegen Erdreich gedämmt       | WA 5                           |
| 15                     | AWE1 Außenwand gegen Erdreich               | WA 6                           |
| 10                     | AW1 Zweischalige Fassade Brüstung           | WA 7                           |
| 27                     | FuW2 Innenwand massiv                       | WA 8                           |
| 28                     | FuW3 leichte Gipskarton Trennwand           | WA 9                           |
| 2                      | FD2 Galerie über 05.OG Innenhof             | DE 1                           |
| 3                      | FD3 Steildach 06.OG Technikzentrale         | DE 2                           |
| 21                     | FuD3 Boden Kantine gegen 02.UG              | DE 3                           |
| 25                     | FuD7 Boden Innenhof gegen Tiefgarage        | DE 4                           |
| 4                      | FDF4 Glasdach / Giebelwand Halle            | DE 5                           |
| 1                      | FD1 Flachdach Terrassen                     | DE 6                           |
| 19                     | FuD1 Decke über 06.OG gegen Technikdach     | DE 7                           |
| 23                     | FuD5 Innendecke Tiefgarage mit Rampe        | DE 8                           |
| 20                     | FuD2 Decke EG gegen unbeh. Keller           | DE 9                           |
| 24                     | FuD6 Verbindungsstege Block A-B             | DE 10                          |
| 22                     | FuD4 Innendecke mit Teppichboden            | DE 11                          |

ST1 = Pfeileraußenwand gedämmt

FT1 = hat neben hohem Anteil von Betonfertigteilen, ebenso hohen Anteil von Fundamenten!

### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: PE ges. - 1 Schlosserarbeiten: 1/1000 l.k. Bezugsfläche, Pfeiler:m² (hier!), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spangflächen verteilt)

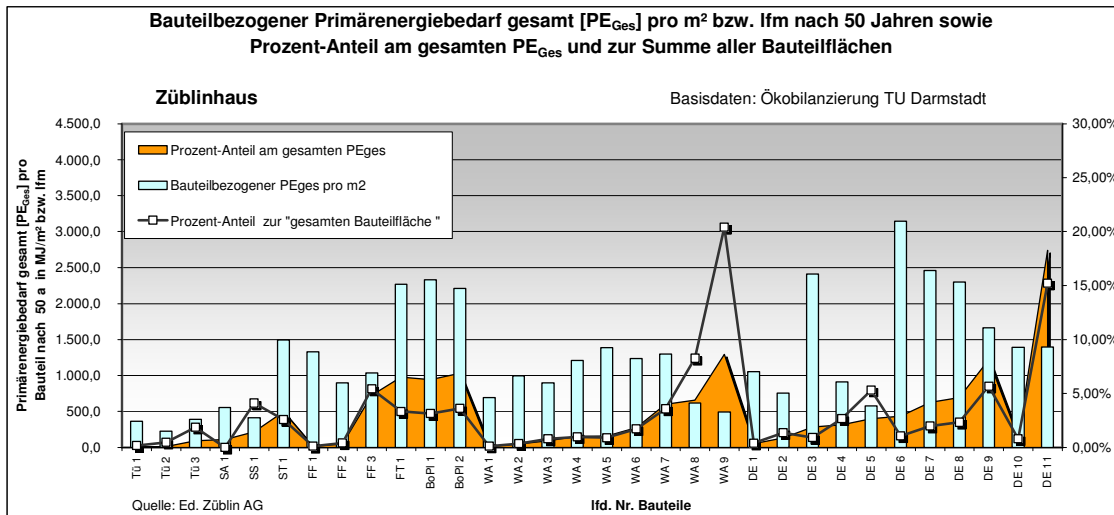


Diagramm: PE ges. - 2

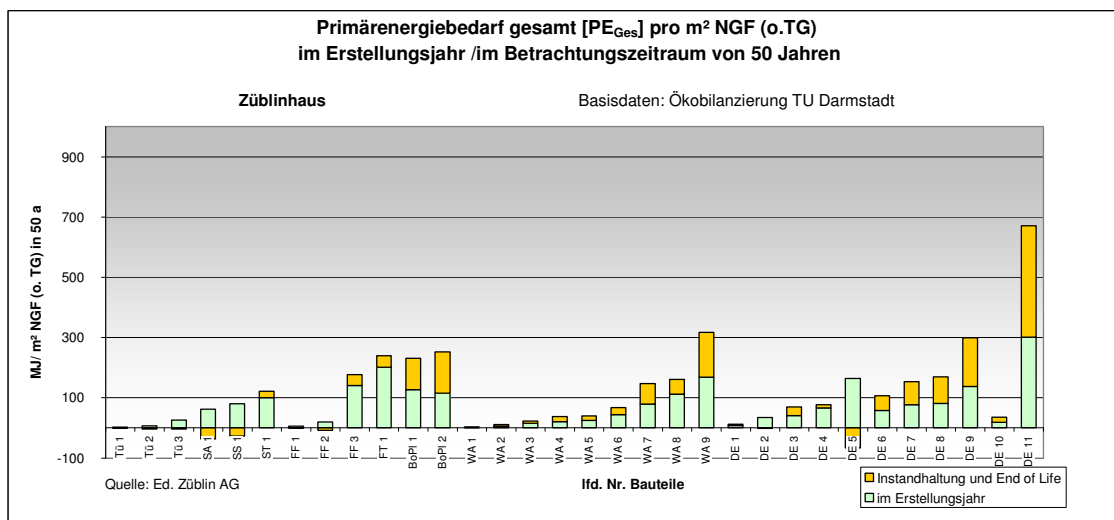
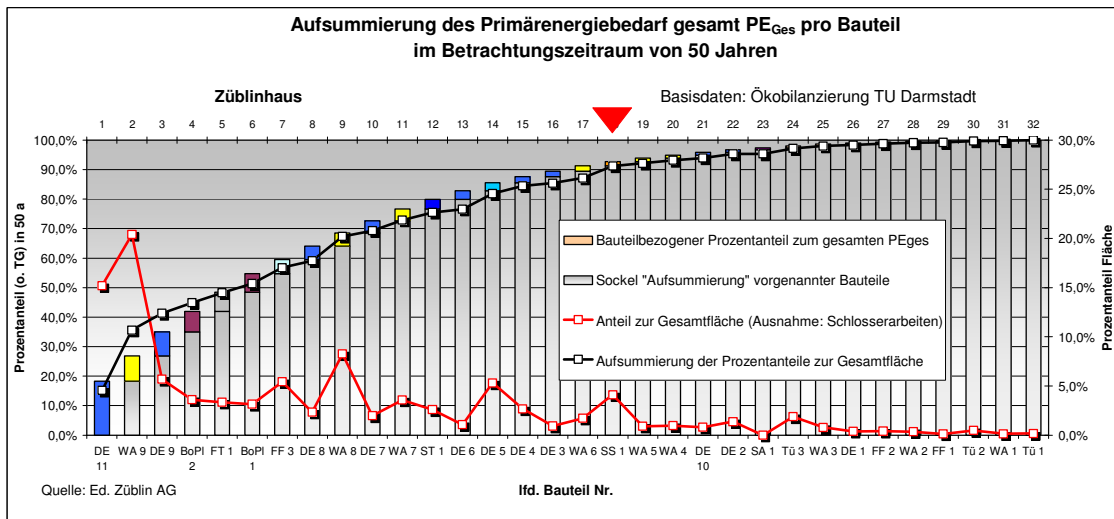


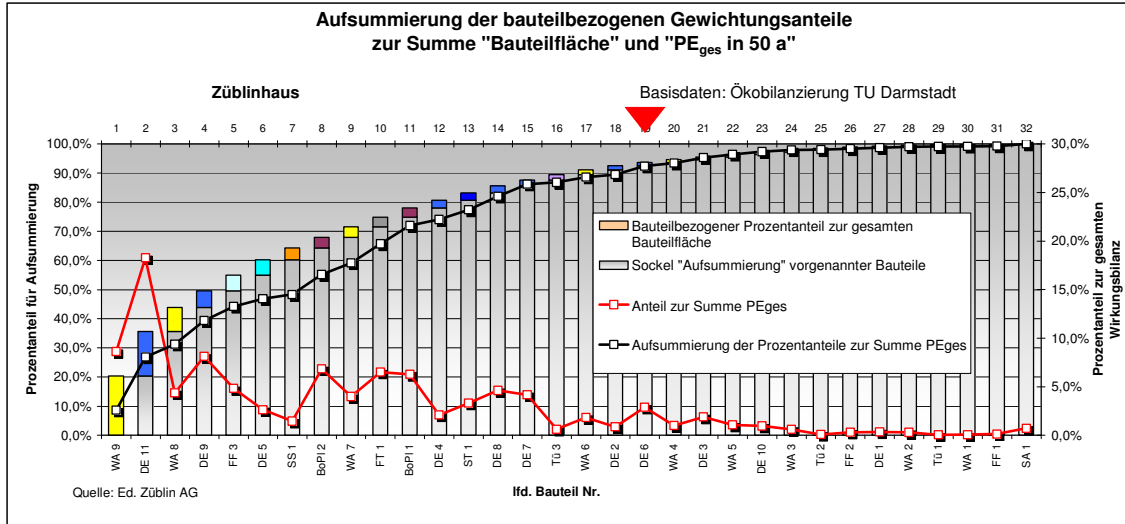
Diagramm: PE ges. - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: PE ges. - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: GWPI - 1 Schlosserarbeiten: 1/1000 l.k. Bezugsfläche, Pfeiler:m<sup>2</sup> (hier!), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spangenflächen verteilt)

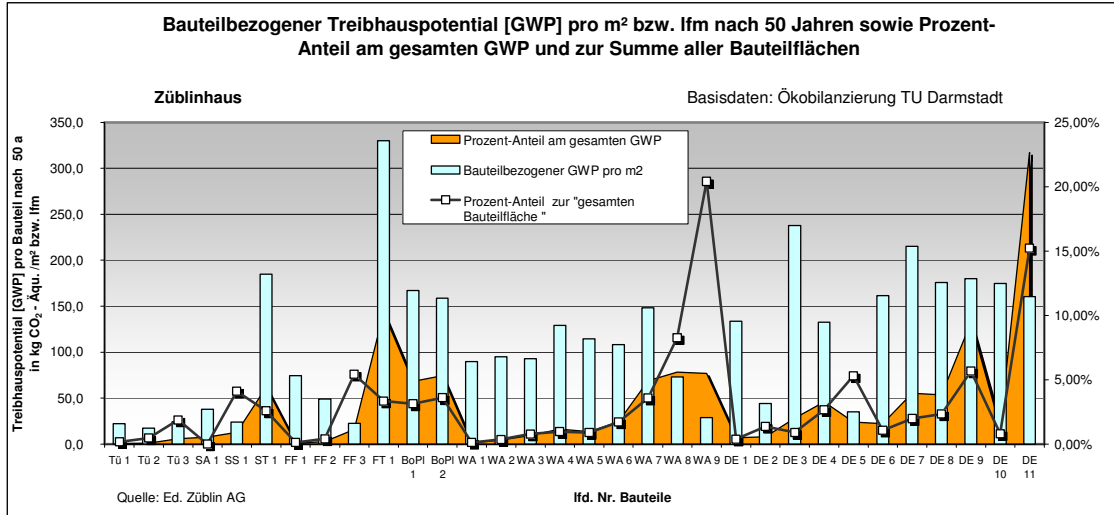


Diagramm: GWPI - 2

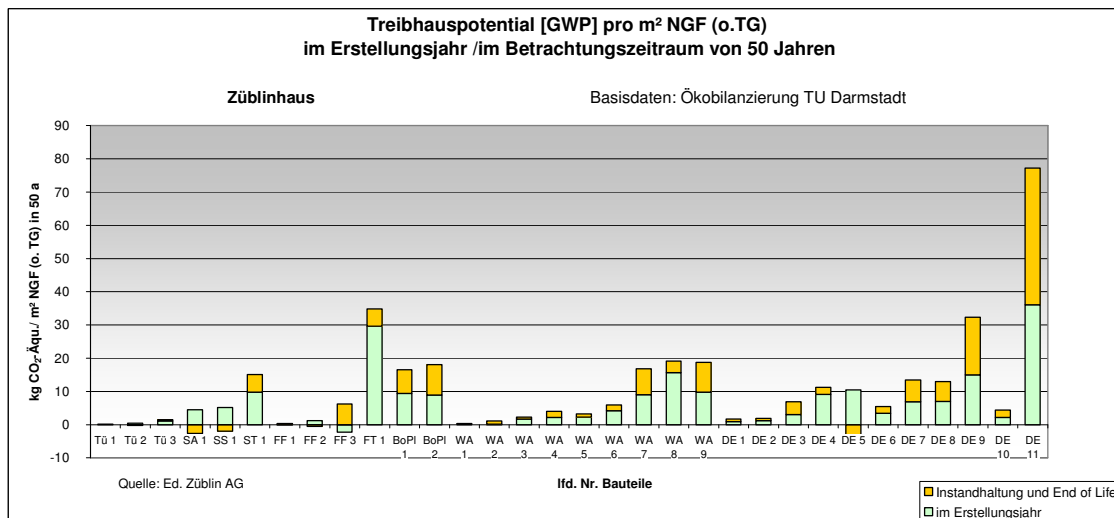
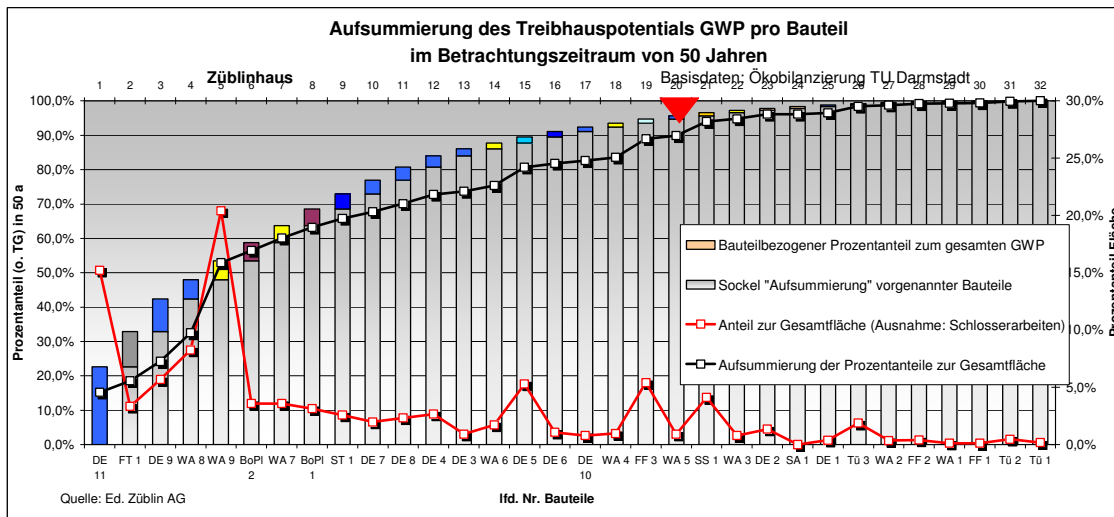


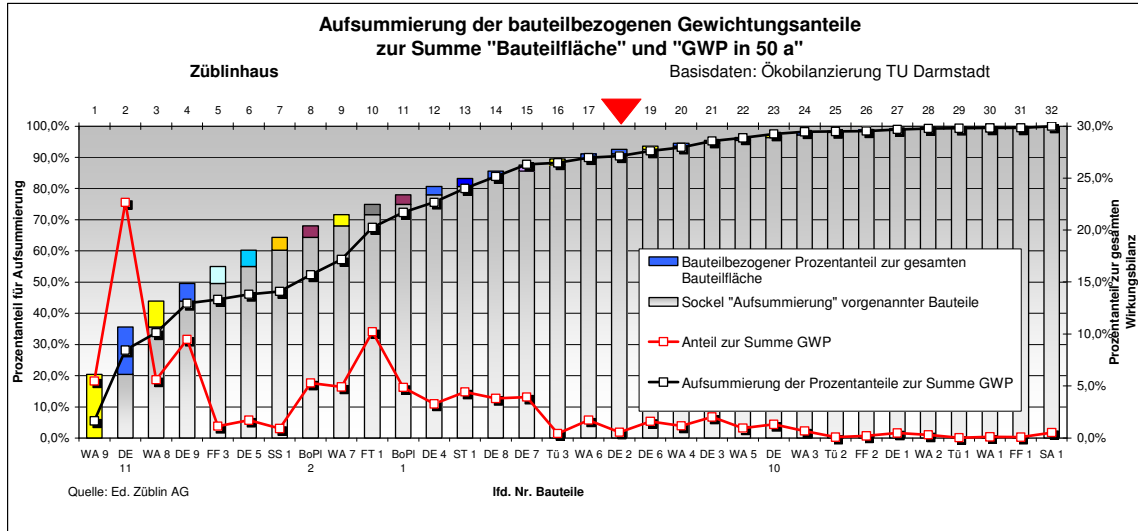
Diagramm: GWPI - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: GWPI - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)





### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: ODPI - 1 Schloserarbeiten: 1/1000 l k. Bezugsfläche, Pfeiler:m² (hier), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spangenflächen verteilt)

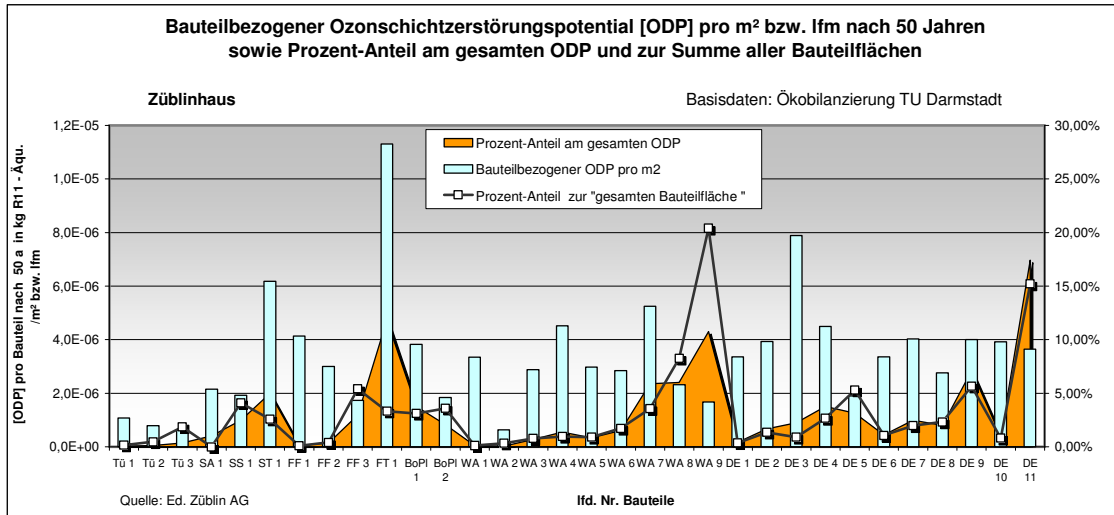


Diagramm: ODPI - 2

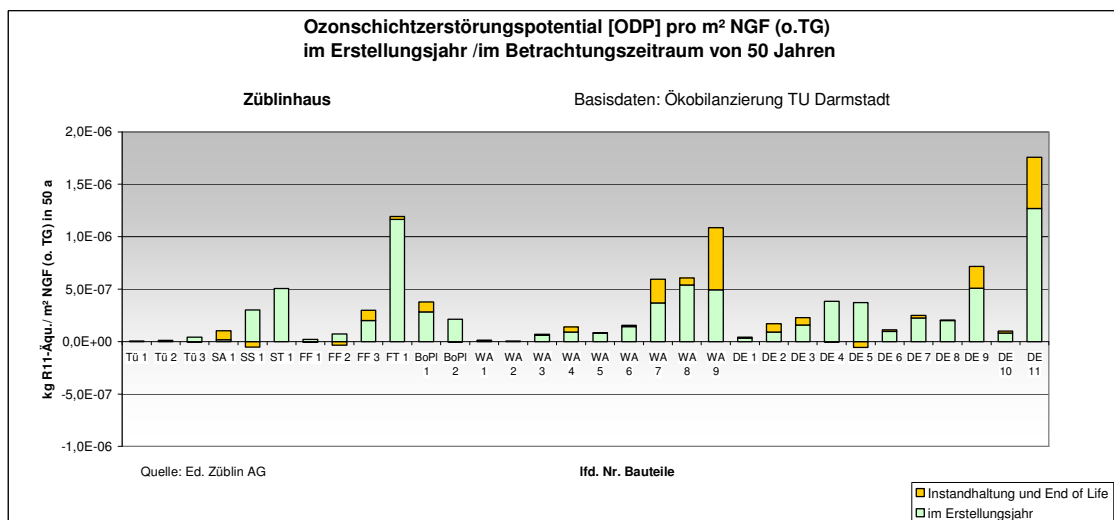
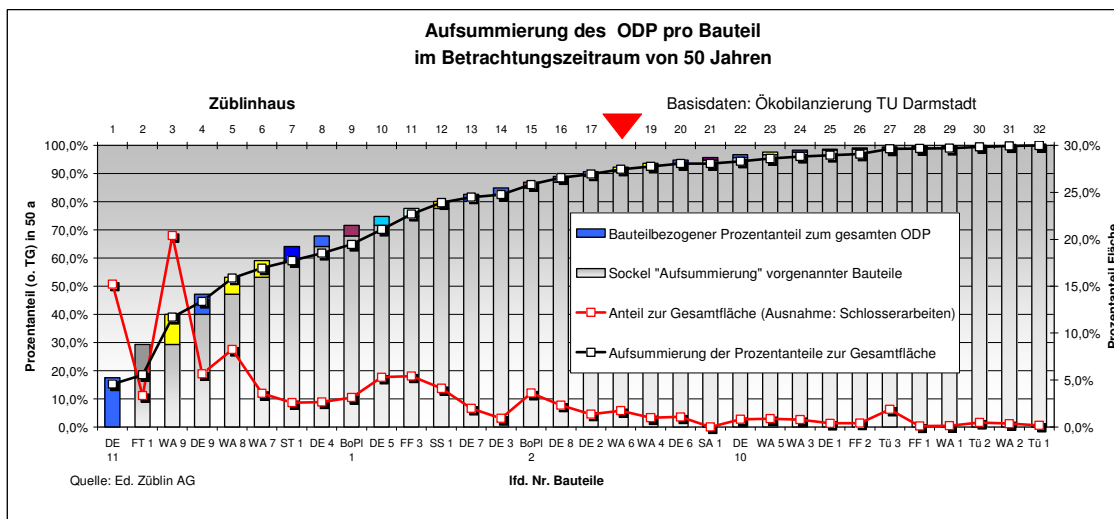


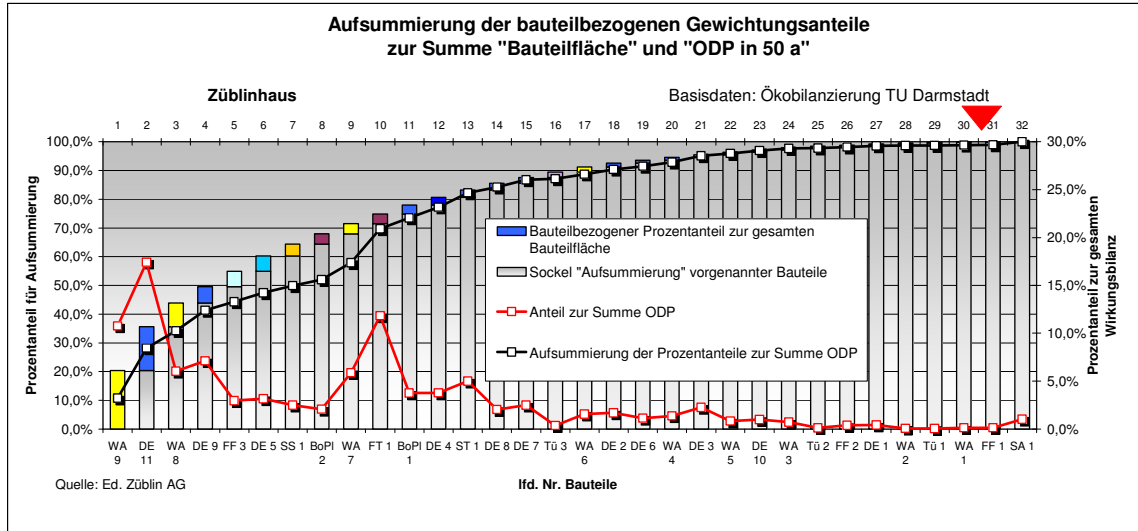
Diagramm: ODPI - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: ODPi - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)



## Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 1 Schlosserarbeiten: 1/1000 l k. Bezugsfläche, Pfeiler:m<sup>2</sup> (hier!), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spanglenflächen verteilt)

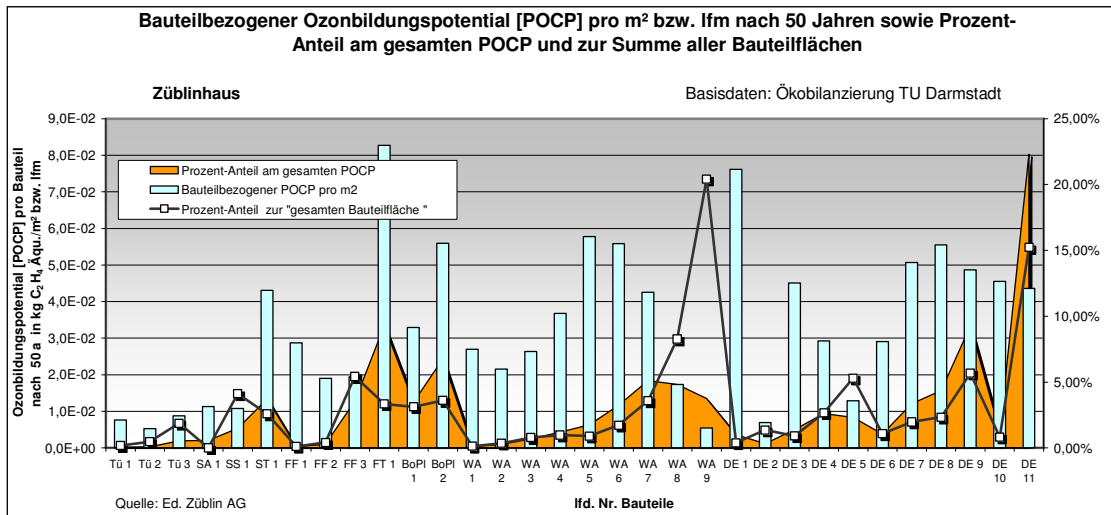


Diagramm: POCPI - 2

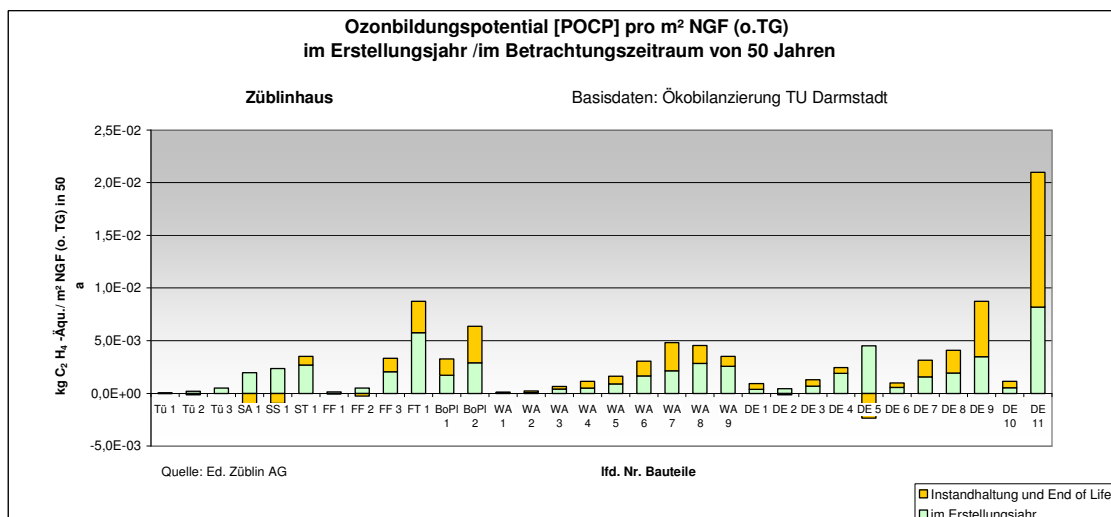
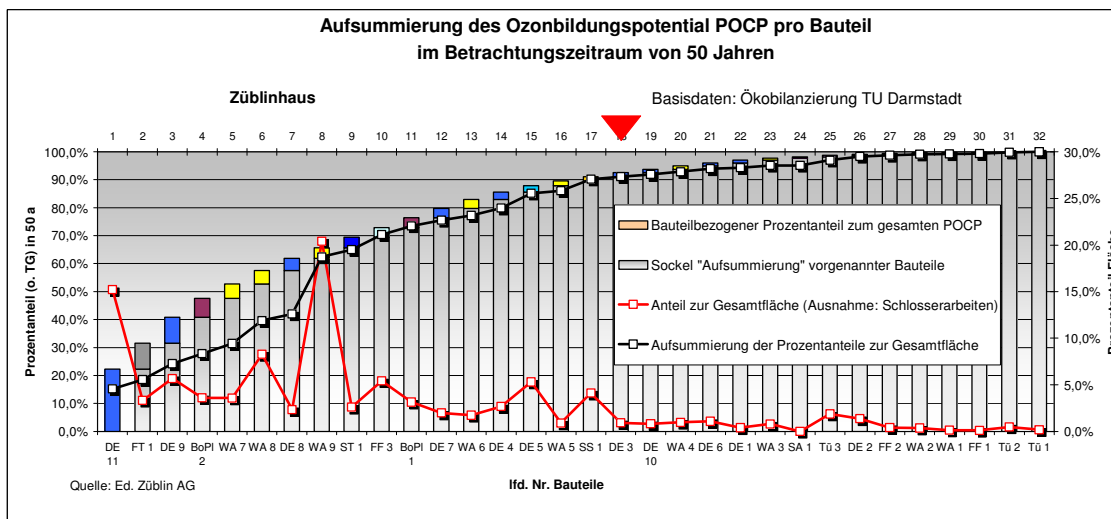


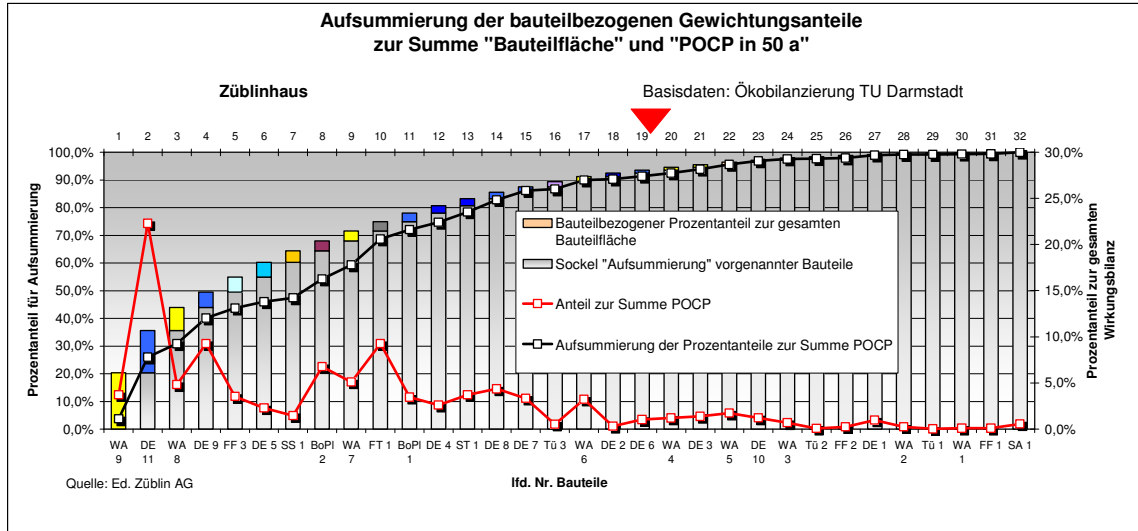
Diagramm: POCPI - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: APi - 1      Schlosserarbeiten: 1/1000 l.k. Bezugsfläche, Pfeiler:m<sup>2</sup> (hier!), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spangenflächen verteilt)

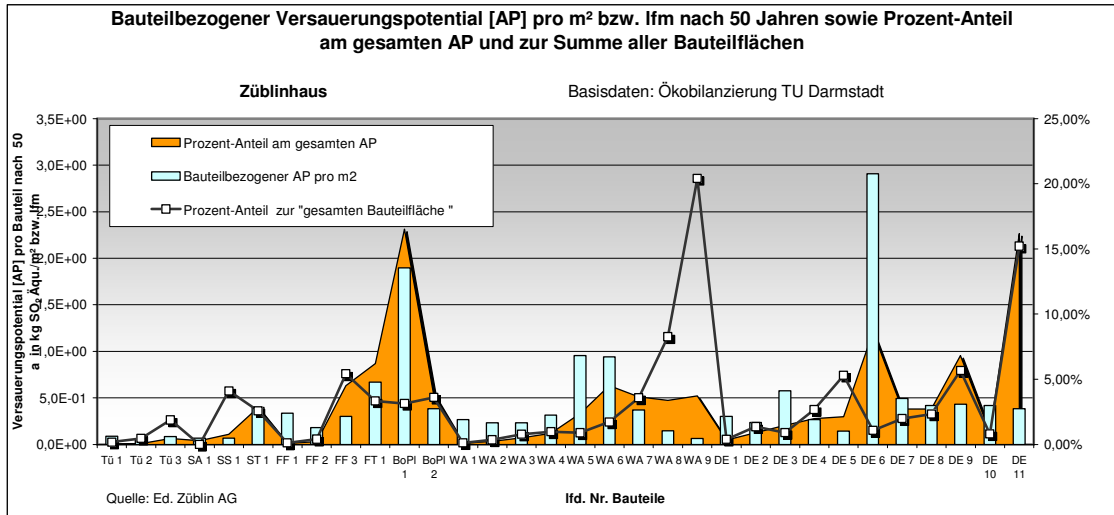


Diagramm: APi - 2

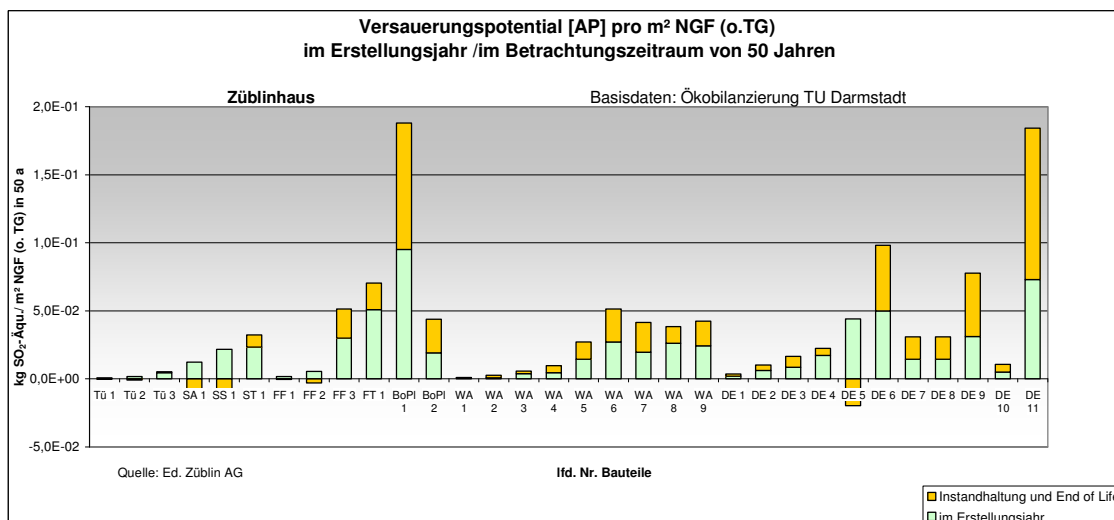
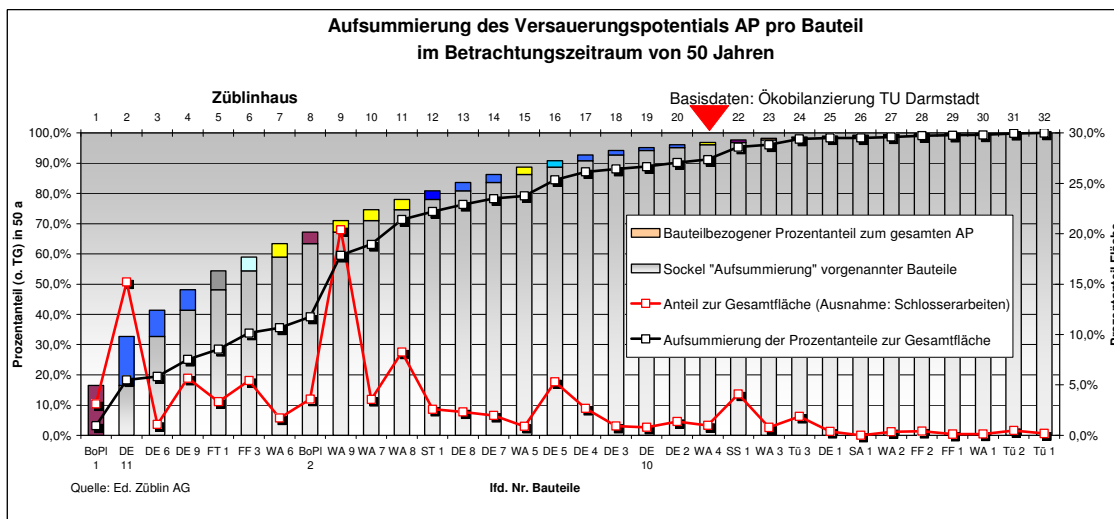


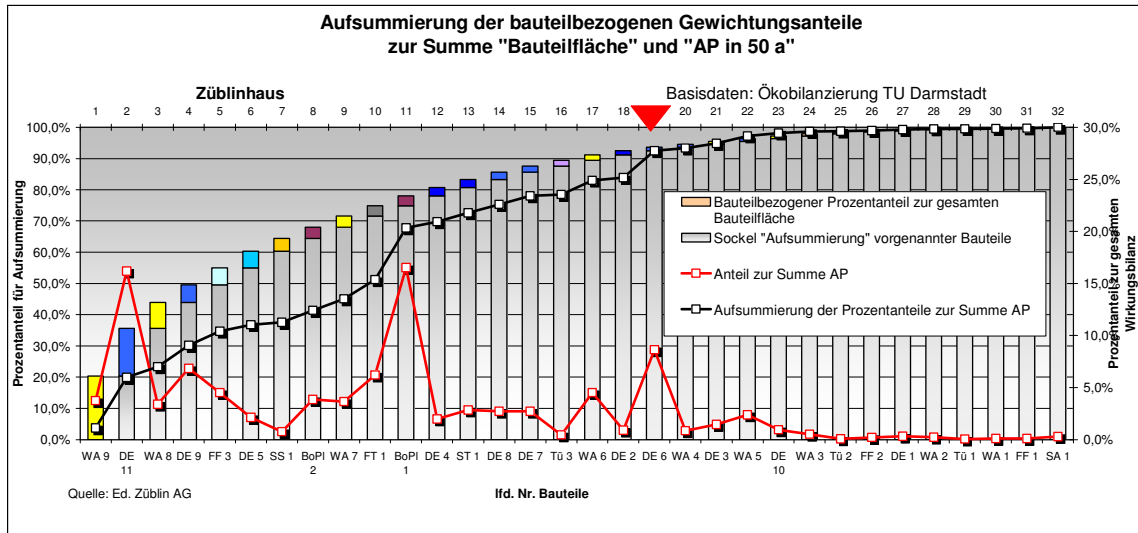
Diagramm: APi - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: APi - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)



## Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 1 Schlosserarbeiten: 1/1000 l.k. Bezugsfläche, Pfeiler:m<sup>2</sup> (hier!), Fertigteile (~ Fundamente): 1/2200 (auf Spangflächen verteilt)

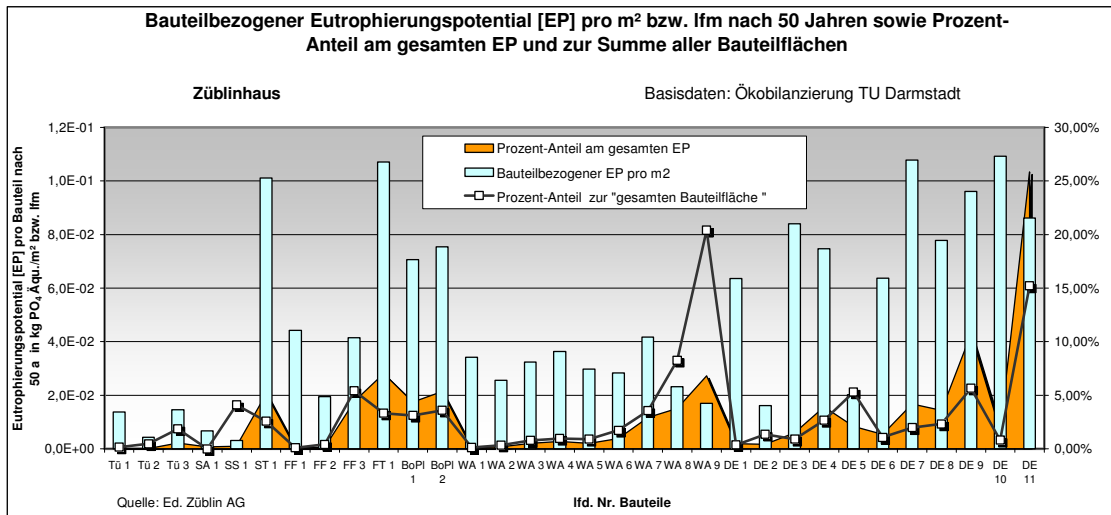


Diagramm: EPI - 2

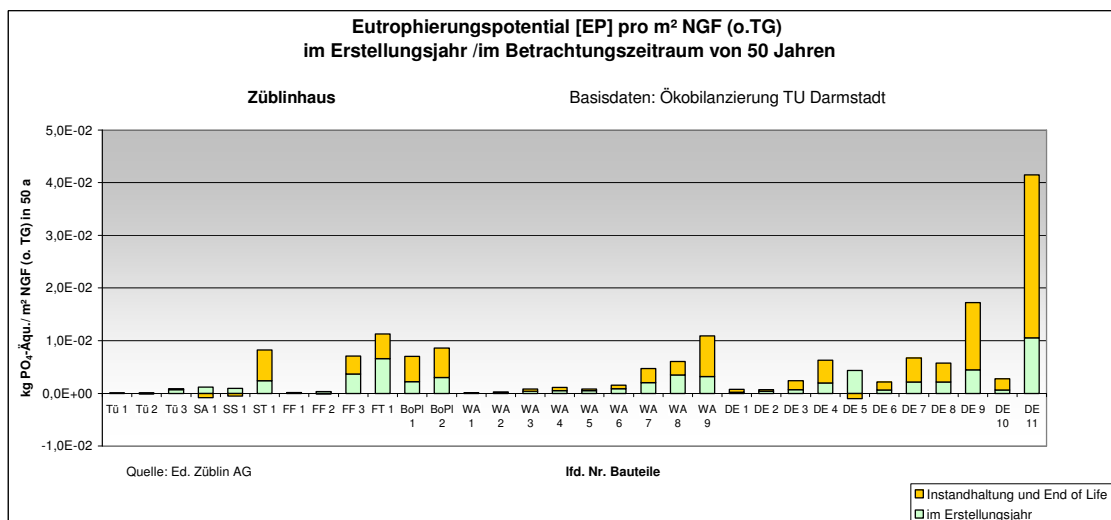
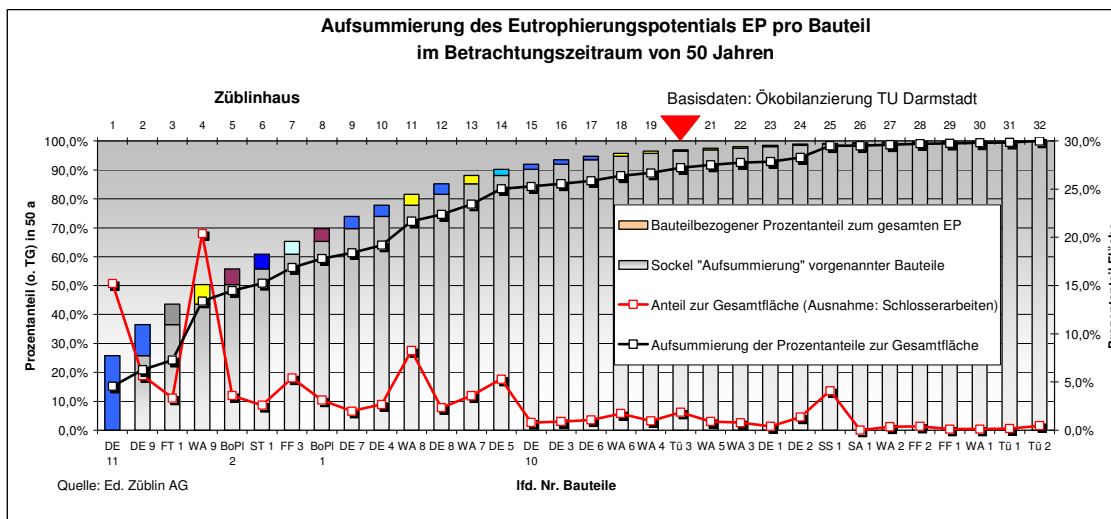


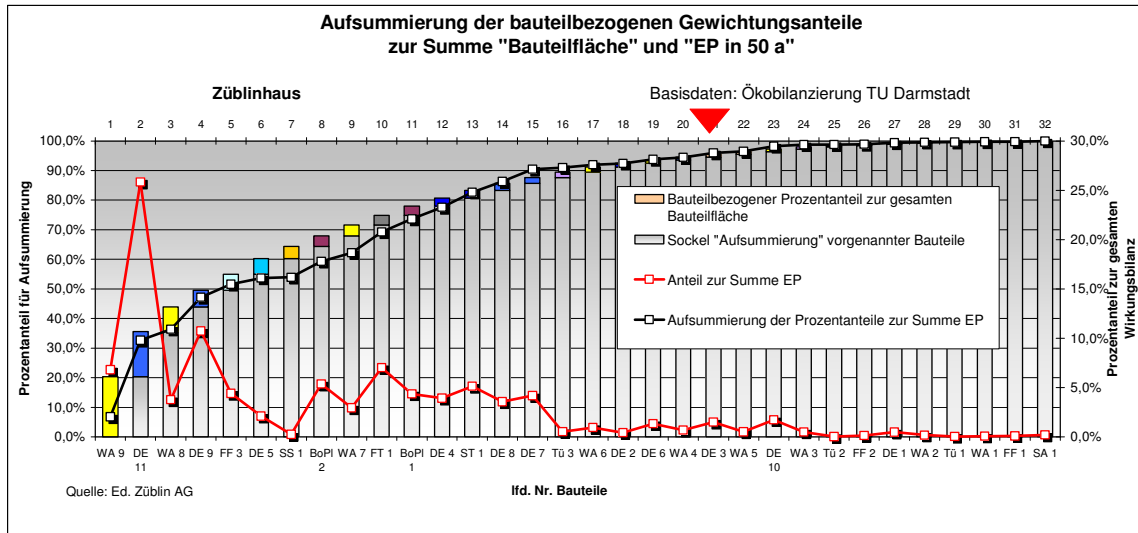
Diagramm: EPI - 3



### Anlage 3: Züblinhaus– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 4

Fertigteile(-Fundamente) bezogen auf 2200 qm Fläche (beide Spangen)





**Anlage 4:** *Züblinhaus – Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile)  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Auswertung der Spezialbauteile (Anlage 2) sowie Auswertung zusätzlicher Bauteile auf Basis der Spezialbauteile durch Ed. Züblin AG | 1-13  |
| 2. Zusammenfassung der Ergebnisse (Nr. 1) mit Gewerkezuordnung und Materialzuordnung  | 1-7   |

Anlage enthält **20** Seiten

Gebäude: "Zübin Z-Zwo"

|              |                                   |                      |        |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 2                                 | Anzahl Schichten     | 10     |
| Bauteilname: | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                                   | Gesamtfläche (m²)    | 982,92 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Nadelfilz, verklebt                | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120               | 0,54            |
| 2             | PVC-Kleber                         | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 3             | Anhydrit-Estrich                   | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100              | 73,50           |
| 4             | PE-Folie                           | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5             | zementgebundene Faserplatte        | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600               | 10,80           |
| 6             | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 50              | 8,70              |                       |                   | 0,78            |
| 7             | Beton B35                          | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 8             | Bewehrungsstahl                    | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 9             | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 12,50             | 12,00%                | 600               | 9,00            |
| 10            | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 12,50             | 88,00%                | 115               | 12,65           |
| <b>Summe:</b> |                                    |                 |                   |                       |                   | <b>804,98</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 117,9                             | 6,31E-06             | 0,031  | 0,29                             | 0,033                            | 1413,4        | 251,1       | 1162,3       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 173,5                             | 8,00E-06             | 0,052  | 0,50                             | 0,078                            | 1915,4        | 303,4       | 1612,0       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 67,9% | 78,9% | 59,2% | 57,8% | 42,4% | 73,8% | 82,8% | 72,1% |
| Nutzung   | 19,0% | 21,4% | 23,1% | 30,6% | 23,6% | 15,1% | 15,1% | 25,2% |
| Entsorgung  | 13,0% | -0,3% | 17,7% | 14,1% | 27,0% | 2,6%  | 2,1%  | 2,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 3,3%                              | 1,6%                 | 5,2%   | 7,1%                             | 7,8%                             | 4,2%          | 0,1%        | 5,1%         |
| 2   | 0,1%                              | 0,1%                 | 2,0%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,2%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3   | 1,2%                              | 1,4%                 | 1,7%   | 2,1%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,2%        | 1,9%         |
| 4   | 1,2%                              | 0,6%                 | 1,9%   | 2,6%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,1%        | 1,9%         |
| 5   | 6,7%                              | 15,2%                | 11,2%  | 9,9%                             | 7,9%                             | 10,4%         | 16,7%       | 9,1%         |
| 6   | 1,2%                              | 0,1%                 | 1,9%   | 1,3%                             | 1,1%                             | 1,3%          | 0,2%        | 1,6%         |
| 7   | 46,6%                             | 23,6%                | 32,9%  | 34,7%                            | 42,5%                            | 20,7%         | 2,2%        | 24,7%        |
| 8   | 21,7%                             | 40,7%                | 22,1%  | 14,1%                            | 9,3%                             | 26,6%         | 12,6%       | 29,7%        |
| 9   | 5,5%                              | 7,9%                 | 5,6%   | 3,8%                             | 3,3%                             | 19,6%         | 66,7%       | 9,4%         |
| 10  | 12,4%                             | 8,8%                 | 15,3%  | 24,3%                            | 22,2%                            | 13,9%         | 1,2%        | 16,6%        |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 4,5%                              | 2,6%                 | 6,2%   | 8,2%                             | 6,6%                             | 6,2%          | 0,2%        | 7,3%         |
| 2  | 0,3%                              | 0,1%                 | 2,3%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 0,1%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3  | 4,6%                              | 1,5%                 | 3,4%   | 4,5%                             | 20,5%                            | 2,7%          | 0,2%        | 3,1%         |
| 4  | 1,8%                              | 0,9%                 | 2,3%   | 3,1%                             | 2,5%                             | 2,2%          | 0,1%        | 2,6%         |
| 5  | 9,6%                              | 23,9%                | 13,5%  | 11,7%                            | 9,3%                             | 15,5%         | 27,7%       | 13,2%        |
| 6  | 0,3%                              | 0,4%                 | 0,3%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,4%          | 0,2%        | 0,5%         |
| 7  | 39,4%                             | 20,0%                | 36,2%  | 31,0%                            | 27,0%                            | 21,2%         | 4,1%        | 24,4%        |
| 8  | 15,5%                             | 32,0%                | 13,5%  | 8,6%                             | 8,4%                             | 19,7%         | 10,4%       | 21,5%        |
| 9  | 6,7%                              | 4,9%                 | 3,8%   | 4,0%                             | 3,3%                             | 11,6%         | 55,0%       | 3,4%         |
| 10   | 17,3%                             | 13,7%                | 18,4%  | 28,4%                            | 22,0%                            | 20,5%         | 2,0%        | 24,0%        |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Zübin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht<br>[kg/m²] | Gesamt-<br>fläche (m²) | Gewicht<br>[kg]   |
|---------------|---|--|--|--|--|--------------------|------------------------|-------------------|
| 35            | 0 |  |  |  |  | 0,54               | 982,92                 | 530,78            |
| 35            | 0 |  |  |  |  | 0,26               | 982,92                 | 255,56            |
| 44            | 0 |  |  |  |  | 73,50              | 982,92                 | 72.244,62         |
| 44            | 0 |  |  |  |  | 0,20               | 982,92                 | 196,58            |
| 44            | 0 |  |  |  |  | 10,80              | 982,92                 | 10.615,54         |
| 44            | 2 |  |  |  |  | 0,78               | 982,92                 | 766,88            |
| 15            | 1 |  |  |  |  | 660,78             | 982,92                 | 649.691,52        |
| 15            | 2 |  |  |  |  | 36,47              | 982,92                 | 35.849,84         |
| 15            | 3 |  |  |  |  | 9,00               | 982,92                 | 8.846,28          |
| 15            | 3 |  |  |  |  | 12,65              | 982,92                 | 12.433,94         |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  |                    | <b>804,98</b>          | <b>791.231,33</b> |

982,92 791.231,33 Kontrolle

### Auswertung Ed. Zübin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|----|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 | Z1 |   |  | Name<br>Bauteilschicht             | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|                 | 35 | 0 |  | Nadelfilz, verklebt                | 3,88                              | 1,0E-07              | 1,6E-03  | 2,0E-02                          | 2,6E-03                          | 59,22         | 0,35        | 58,87        |
|                 | 35 | 0 |  | PVC-Kleber                         | 0,12                              | 6,9E-09              | 6,0E-04  | 4,4E-04                          | 3,5E-05                          | 2,91          | 0,05        | 2,87         |
|                 | 44 | 0 |  | Anhydrit-Estrich                   | 1,46                              | 8,9E-08              | 5,2E-04  | 6,2E-03                          | 9,6E-04                          | 22,05         | 0,43        | 21,62        |
|                 | 44 | 0 |  | PE-Folie                           | 1,44                              | 3,8E-08              | 6,0E-04  | 7,5E-03                          | 9,5E-04                          | 21,93         | 0,13        | 21,80        |
|                 | 44 | 0 |  | zementgebundene Faserplatte        | 7,93                              | 9,6E-07              | 3,5E-03  | 2,8E-02                          | 2,6E-03                          | 147,65        | 41,98       | 105,67       |
|                 | 44 | 2 |  | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 1,36                              | 5,2E-09              | 5,9E-04  | 3,8E-03                          | 3,6E-04                          | 18,98         | 0,61        | 18,37        |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                          | 54,96                             | 1,5E-06              | 1,0E-02  | 1,0E-01                          | 1,4E-02                          | 292,12        | 5,40        | 286,72       |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                    | 25,63                             | 2,6E-06              | 6,8E-03  | 4,0E-02                          | 3,1E-03                          | 376,28        | 31,65       | 344,63       |
|                 | 15 | 3 |  | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 6,51                              | 5,0E-07              | 1,7E-03  | 1,1E-02                          | 1,1E-03                          | 276,40        | 167,40      | 109,00       |
|                 | 15 | 3 |  | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 14,57                             | 5,5E-07              | 4,7E-03  | 7,0E-02                          | 7,3E-03                          | 195,85        | 3,12        | 192,72       |
|                 | S  | S |  |                                    | 117,85                            | 6,3E-06              | 3,1E-02  | 2,9E-01                          | 3,3E-02                          | 1413,39       | 251,12      | 1162,27      |
|                 |    |   |  |                                    | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |

| 50 a |    |   |  |                                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|------|----|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|      | Z1 |   |  | Name<br>Bauteilschicht             | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|      | 35 | 0 |  | Nadelfilz, verklebt                | 7,77                              | 2,0E-07              | 3,2E-03  | 4,1E-02                          | 5,2E-03                          | 118,62        | 0,71        | 117,90       |
|      | 35 | 0 |  | PVC-Kleber                         | 0,54                              | 7,8E-09              | 1,2E-03  | 1,4E-03                          | 1,5E-04                          | 2,66          | 0,07        | 2,59         |
|      | 44 | 0 |  | Anhydrit-Estrich                   | 8,04                              | 1,2E-07              | 1,8E-03  | 2,2E-02                          | 1,6E-02                          | 50,84         | 0,62        | 50,22        |
|      | 44 | 0 |  | PE-Folie                           | 3,10                              | 7,1E-08              | 1,2E-03  | 1,5E-02                          | 2,0E-03                          | 41,43         | 0,24        | 41,19        |
|      | 44 | 0 |  | zementgebundene Faserplatte        | 16,61                             | 1,9E-06              | 7,0E-03  | 5,8E-02                          | 7,2E-03                          | 296,28        | 83,92       | 212,36       |
|      | 44 | 2 |  | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 0,55                              | 3,1E-08              | 1,6E-04  | 9,6E-04                          | 9,8E-05                          | 8,05          | 0,56        | 7,50         |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                          | 68,34                             | 1,6E-06              | 1,9E-02  | 1,5E-01                          | 2,1E-02                          | 405,12        | 12,54       | 392,58       |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                    | 26,90                             | 2,6E-06              | 7,0E-03  | 4,3E-02                          | 6,6E-03                          | 377,95        | 31,59       | 346,36       |
|      | 15 | 3 |  | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 11,65                             | 3,9E-07              | 2,0E-03  | 2,0E-02                          | 2,5E-03                          | 221,55        | 166,92      | 54,63        |
|      | 15 | 3 |  | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30,01                             | 1,1E-06              | 9,6E-03  | 1,4E-01                          | 1,7E-02                          | 392,86        | 6,21        | 386,65       |
|      | S  | S |  |                                    | 173,51                            | 8,0E-06              | 5,2E-02  | 5,0E-01                          | 7,8E-02                          | 1915,36       | 303,37      | 1611,98      |
|      |    |   |  |                                    | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |

| Anzahl E=1                    | 2       | 2          | 2         | 2          | 2          | 2      | 2      |        |
|-------------------------------|---------|------------|-----------|------------|------------|--------|--------|--------|
| PVC-Kleber TU DA: Herstellung | 0,47205 | 2,6442E-08 | 0,00231   | 0,00168    | 0,00013544 | 11,21  | 0,18   | 11,03  |
| PVC-Kleber TU DA: Entsorgung  | 0,571   | -1,14E-08  | 2,906E-05 | 0,00100389 | 0,00016108 | -6,995 | -0,054 | -6,041 |
|                               | 0,54    | 7,8E-09    | 1,2E-03   | 1,4E-03    | 1,5E-04    | 2,66   | 0,07   | 2,59   |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                     |                      |         |
|--------------|---------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 4                   | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                     | Gesamtfläche (m²)    | 1260,00 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich               | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                         | 50              | 20,00             | 98,33%                | 2300              | 452,32          |
| 3             | Bewehrungsstahl                   | 50              | 20,00             | 1,67%                 | 7800              | 26,05           |
| 4             | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 30              | 12,00             | 100,00%               | 50                | 6,00            |
| 5             | Luftschicht, ruhend               | 30              | 20,00             | 100,00%               | 0                 | 0,00            |
| 6             | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 30              | 0,20              | 100,00%               | 2700              | 5,40            |
| 7             | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 30              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 8             | Aufsatz-Aluminiumblech            | 30              | 0,20              | 42,00%                | 2700              | 2,27            |
| 9             | Stahl-Unterkonstruktion           | 30              | 0,20              | 7,80%                 | 7800              | 1,23            |
| 10            | Schrauben                         | 30              |                   |                       |                   | 0,11            |
| <b>Summe:</b> |                                   |                 |                   |                       |                   | <b>493,95</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 162,5                          | 9,76E-06          | 0,059               | 0,58                          | 0,033            | 2144,1     | 406,9    | 1737,2    |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 142,1                          | 8,47E-06          | 0,050               | 0,42                          | 0,036            | 1848,9     | 256,8    | 1592,1    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 114,4% | 115,1% | 117,4% | 139,3% | 91,1%  | 116,0% | 158,5%  | 109,1% |
| Nutzung   | 26,7%  | 33,2%  | 32,1%  | 33,6%  | 36,2%  | 36,2%  | 44,2%   | 34,9%  |
| Entsorgung  | -41,1% | -48,3% | -49,5% | -72,9% | -14,8% | -52,2% | -102,6% | -44,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 0,2%                           | 0,3%              | 0,1%                | 0,2%                          | 0,7%             | 0,8%       | 0,1%     | 1,0%      |
| 2   | 24,2%                          | 10,9%             | 12,3%               | 12,3%                         | 30,5%            | 9,7%       | 0,9%     | 11,8%     |
| 3   | 11,3%                          | 16,8%             | 8,2%                | 5,0%                          | 6,7%             | 12,5%      | 5,3%     | 14,2%     |
| 4   | 4,3%                           | 2,7%              | 3,8%                | 5,7%                          | 10,6%            | 4,3%       | 0,4%     | 5,3%      |
| 5   | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6   | 40,7%                          | 46,8%             | 51,2%               | 51,2%                         | 34,3%            | 49,2%      | 65,3%    | 45,5%     |
| 7   | 0,8%                           | 0,7%              | 1,2%                | 3,1%                          | 1,0%             | 1,1%       | 0,1%     | 1,4%      |
| 8   | 17,1%                          | 19,7%             | 21,5%               | 21,5%                         | 14,4%            | 20,7%      | 27,4%    | 19,1%     |
| 9   | 1,3%                           | 0,1%              | 1,6%                | 1,0%                          | 1,7%             | 1,4%       | 0,2%     | 1,7%      |
| 10  | 0,1%                           | 0,0%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,2%             | 0,1%       | 0,0%     | 0,1%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 1,2%                           | 1,6%              | 0,5%                | 1,1%                          | 2,9%             | 3,9%       | 0,5%     | 4,4%      |
| 2  | 34,4%                          | 13,5%             | 26,7%               | 26,4%                         | 41,6%            | 15,7%      | 3,5%     | 17,6%     |
| 3  | 13,5%                          | 21,5%             | 9,9%                | 7,4%                          | 13,0%            | 14,6%      | 8,9%     | 15,5%     |
| 4  | 10,0%                          | 6,1%              | 9,0%                | 16,1%                         | 22,5%            | 10,1%      | 1,1%     | 11,5%     |
| 5  | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6  | 26,0%                          | 37,9%             | 34,8%               | 27,5%                         | 11,6%            | 36,0%      | 59,6%    | 32,1%     |
| 7  | 2,0%                           | 1,5%              | 2,8%                | 8,7%                          | 2,1%             | 2,5%       | 0,3%     | 2,8%      |
| 8  | 11,0%                          | 15,9%             | 14,6%               | 11,6%                         | 4,9%             | 15,1%      | 25,1%    | 13,5%     |
| 9  | 1,8%                           | 1,7%              | 1,5%                | 1,1%                          | 1,3%             | 2,1%       | 1,0%     | 2,2%      |
| 10   | 0,2%                           | 0,2%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,1%             | 0,2%       | 0,1%     | 0,2%      |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche [m²] | Gewicht [kg]      |
|---------------|---|-----------------|-------------------|-------------------|
| 43            | 0 |                 |                   | 0,31              |
| 15            | 1 | 452,32          | 1260              | 599,60            |
| 15            | 2 | 26,05           | 1260              | 569,620,88        |
| 25            | 3 | 6,00            | 1260              | 32,825,52         |
| 25            | 0 | 0,00            | 1260              | 7,560,00          |
| 25            | 2 | 5,40            | 1260              | 0,00              |
| 25            | 2 | 0,26            | 1260              | 6,804,00          |
| 25            | 2 | 2,27            | 1260              | 327,60            |
| 25            | 2 | 1,23            | 1260              | 2,860,20          |
| 25            | 2 | 0,11            | 1260              | 1,549,80          |
| 25            | 2 | 493,95          | 1260              | 138,60            |
| <b>Summe:</b> |   |                 |                   | <b>822,377,00</b> |

1260 822,377,00 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1              |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|                 | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 0,40                           | 3,4E-08           | 5,7E-05             | 1,1E-03                       | 2,3E-04          | 17,83      | 0,29     | 17,54     |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 39,26                          | 1,1E-06           | 7,2E-03             | 7,1E-02                       | 1,0E-02          | 208,66     | 3,86     | 204,80    |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 18,30                          | 1,8E-06           | 4,9E-03             | 2,9E-02                       | 2,2E-03          | 268,77     | 22,61    | 246,16    |
|                 | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 6,91                           | 2,6E-07           | 2,2E-03             | 3,3E-02                       | 3,5E-03          | 92,69      | 1,48     | 91,41     |
|                 | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|                 | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 66,20                          | 4,6E-06           | 3,0E-02             | 3,0E-01                       | 1,1E-02          | 1055,36    | 265,59   | 789,77    |
|                 | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 1,28                           | 6,7E-08           | 7,0E-04             | 1,8E-02                       | 3,4E-04          | 24,38      | 0,39     | 23,99     |
|                 | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 27,83                          | 1,9E-06           | 1,3E-02             | 1,3E-01                       | 4,7E-03          | 443,64     | 111,65   | 332,00    |
|                 | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,15                           | 8,2E-09           | 9,4E-04             | 5,9E-03                       | 5,6E-04          | 29,93      | 0,96     | 28,98     |
|                 | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,19                           | 7,4E-10           | 8,4E-05             | 5,3E-04                       | 5,0E-05          | 2,68       | 0,09     | 2,59      |
|                 | S  | S |  |                                   | 162,53                         | 9,8E-06           | 5,9E-02             | 5,8E-01                       | 3,3E-02          | 2144,14    | 406,91   | 1737,23   |
|                 |    |   |  |                                   | I.O.                           | I.O.              | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

| 50 a |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1   |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|      | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 1,64                           | 1,3E-07           | 2,3E-04             | 4,5E-03                       | 1,0E-03          | 71,38      | 1,18     | 70,21     |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 48,81                          | 1,1E-06           | 1,3E-02             | 1,1E-01                       | 1,5E-02          | 289,37     | 8,96     | 280,41    |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 19,21                          | 1,8E-06           | 5,0E-03             | 3,1E-02                       | 4,7E-03          | 269,96     | 22,56    | 247,40    |
|      | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 14,24                          | 5,2E-07           | 4,5E-03             | 6,7E-02                       | 8,1E-03          | 186,34     | 2,94     | 183,39    |
|      | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|      | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 36,95                          | 3,2E-06           | 1,7E-02             | 1,1E-01                       | 4,2E-03          | 664,85     | 153,04   | 511,81    |
|      | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 2,86                           | 1,3E-07           | 1,4E-03             | 3,6E-02                       | 7,6E-04          | 45,59      | 0,76     | 44,83     |
|      | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 15,57                          | 1,4E-06           | 7,4E-03             | 4,8E-02                       | 1,8E-03          | 280,02     | 64,47    | 215,55    |
|      | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,59                           | 1,5E-07           | 7,8E-04             | 4,5E-03                       | 4,6E-04          | 38,00      | 2,64     | 35,36     |
|      | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,23                           | 1,3E-08           | 7,0E-05             | 4,1E-04                       | 4,2E-05          | 3,41       | 0,24     | 3,17      |
|      | S  | S |  |                                   | 142,09                         | 8,47E-06          | 5,0E-02             | 4,2E-01                       | 3,6E-02          | 1848,91    | 256,78   | 1592,13   |
|      |    |   |  |                                   | I.O.                           | Fehler            | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                           |                      |         |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 7                         | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                           | Gesamtfläche (m²)    | 2262,34 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | WU-Beton B35        | 50              | 40,00             | 98,21%                | 2300              | 903,53          |
| 3             | Bewehrungsstahl     | 50              | 40,00             | 1,79%                 | 7800              | 55,85           |
| <b>Summe:</b> |                     |                 |                   |                       |                   | 959,69          |

| Okologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 116,2                             | 6,05E-06             | 0,025  | 0,20                             | 0,024                            | 1000,9        | 56,3        | 944,7        |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 138,5                             | 6,28E-06             | 0,037  | 0,29                             | 0,041                            | 1218,3        | 67,3        | 1151,0       |

| Okologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 83,9% | 96,3% | 65,8% | 70,4% | 60,3% | 82,2% | 83,7% | 82,1% |
| Nutzung   | 0,9%  | 1,6%  | 0,5%  | 1,2%  | 1,9%  | 4,4%  | 1,3%  | 4,6%  |
| Entsorgung  | 15,2% | 2,1%  | 33,8% | 28,4% | 37,8% | 13,4% | 15,0% | 13,4% |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|-----------------|-------------------|--------------|
| 43            | 0 | 0,31            | 2262,34           | 701,33       |
| 15            | 1 | 903,53          | 2262,34           | 2.044.096,58 |
| 15            | 2 | 55,85           | 2262,34           | 126.347,16   |
| <b>Summe:</b> |   | 959,69          | 2262,34           | 2.171.145,07 |

Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |                |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|----------------|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle  |                |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83         | 0,29        | 17,54        | Z-Zwo 4 | Gewichtsanteil |
|                 | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 74,08                             | 2,0E-06              | 1,4E-02  | 1,3E-01                          | 1,9E-02                          | 393,74        | 7,28        | 386,45       | Z-Zwo 9 |                |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 39,24                             | 3,9E-06              | 1,0E-02  | 6,2E-02                          | 4,7E-03                          | 576,19        | 48,46       | 527,73       | Z-Zwo 9 |                |
|                 | S  |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 113,72                            | 6,0E-06              | 2,4E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 987,76        | 56,04       | 931,72       |         |                |
|                 | S  |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 116,20                            | 6,0E-06              | 2,5E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 1000,95       | 56,29       | 944,66       |         |                |
|                 |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,2%                              | 1,1%                 | 1,9%   | 2,3%                             | 2,6%                             | 1,3%          | 0,4%        | 1,4%         |         |                |

| 50 a |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |        |                |
|------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--------|----------------|
|      | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle |                |
|      | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38         | 1,18        | 70,21        |        | Gewichtsanteil |
|      | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 92,37                             | 2,2E-06              | 2,5E-02  | 2,1E-01                          | 2,8E-02                          | 548,24        | 17,04       | 531,20       |        |                |
|      | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 41,18                             | 3,9E-06              | 1,1E-02  | 6,6E-02                          | 1,0E-02                          | 578,76        | 48,37       | 530,38       |        |                |
|      | S  |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 135,19                            | 6,2E-06              | 3,6E-02  | 2,8E-01                          | 4,0E-02                          | 1198,38       | 66,59       | 1131,79      |        |                |
|      | S  |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 138,46                            | 6,3E-06              | 3,7E-02  | 2,9E-01                          | 4,1E-02                          | 1218,28       | 67,26       | 1151,02      |        |                |
|      |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,4%                              | 1,2%                 | 2,7%   | 2,8%                             | 2,7%                             | 1,7%          | 1,0%        | 1,7%         |        |                |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 9                        | Anzahl Schichten     | 4       |
| Bauteilname: | Z-Zwo BoPl 2 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamfläche (m²)     | 3783,55 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickentel % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 20              | 0,50              | 100,00%            | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35                       | 50              | 70,00             | 98,33%             | 2400              | 1651,94         |
| 3             | Bewehrungsstahl                 | 50              | 70,00             | 1,67%              | 7800              | 91,18           |
| 4             | Magerbetonplombe (teillbereich) | 50              | 90,00             | 1,77%              | 2100              | 33,45           |
| <b>Summe:</b> |                                 |                 |                   |                    |                   | <b>1782,58</b>  |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |                                    |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |                                    |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgCF <sub>2</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 251,3                             | 1,02E-05             | 0,056                              | 0,48                             | 0,069                            | 2483,7        | 101,9       | 2381,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 396,7                             | 1,02E-05             | 0,105                              | 0,91                             | 0,152                            | 4272,7        | 137,1       | 4135,6       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 63,3% | 99,8% | 53,2% | 53,4% | 45,3% | 58,1% | 74,4% | 57,6% |
| Nutzung   | 26,3% | -1,3% | 25,3% | 30,0% | 34,7% | 36,0% | 13,0% | 36,7% |
| Entsorgung  | 10,4% | 1,5%  | 21,4% | 16,6% | 20,0% | 5,9%  | 12,6% | 5,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1   | 19,4%  | 0,0%   | 23,5%  | 26,6%  | 36,8%  | 32,4%  | 9,0%   | 33,4%  |
| 2   | 53,9%  | 36,2%  | 44,9%  | 50,7%  | 50,3%  | 29,0%  | 13,1%  | 29,7%  |
| 3   | 25,5%  | 63,3%  | 30,6%  | 20,9%  | 11,2%  | 37,9%  | 77,6%  | 36,2%  |
| 4   | 1,2%   | 0,5%   | 1,1%   | 1,5%   | 1,6%   | 0,7%   | 0,3%   | 0,7%   |
| Summe   | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1  | 39,4%  | 2,0%   | 38,0%  | 45,0%  | 52,0%  | 54,0%  | 19,5%  | 55,1%  |
| 2  | 42,6%  | 38,8%  | 44,5%  | 42,1%  | 34,4%  | 23,5%  | 22,7%  | 23,5%  |
| 3  | 16,3%  | 62,6%  | 16,7%  | 11,8%  | 10,8%  | 22,1%  | 57,6%  | 20,9%  |
| 4  | 1,1%   | 0,4%   | 0,7%   | 1,1%   | 2,8%   | 0,5%   | 0,2%   | 0,5%   |
| Summe  | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|----|---|--|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43 | 0 |  |  |  |  | 6,00            | 3783,55           | 22.701,30    |
| 15 | 1 |  |  |  |  | 1.651,94        | 3783,55           | 6.250.212,72 |
| 15 | 2 |  |  |  |  | 91,18           | 3783,55           | 344.991,66   |
| 15 | 1 |  |  |  |  | 33,45           | 3783,55           | 126.571,10   |
|    |   |  |  |  |  | 1.782,58        |                   | 5.744.476,78 |
|    |   |  |  |  |  |                 | 3783,55           | 6.744.476,78 |

Kontrolle

korrigiert von Ed. Züblin AG, da hier (ZZwo9) alle Wirkungsbilanzen gegenüber Spezialbauteile vom 18.2 nicht identisch  
Korrektur TU DA, 20.5. 2009

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |
|-----------------|----|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|                 | Z1 |   |  | Name                            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|                 | 43 | 0 |  | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 48,69                             | 0,0E+00              | 1,3E-02                | 1,3E-01                          | 2,5E-02                          | 805,25        | 9,22        | 796,03       |  |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                       | 135,45                            | 3,7E-06              | 2,5E-02                | 2,5E-01                          | 3,5E-02                          | 719,88        | 13,32       | 708,56       |  |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                 | 64,07                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,0E-01                          | 7,7E-03                          | 940,74        | 79,13       | 861,61       |  |
|                 | 15 | 1 |  | Magerbetonplombe (teillbereich) | 3,09                              | 5,3E-08              | 6,0E-04                | 7,4E-03                          | 1,7E-03                          | 17,81         | 0,28        | 17,53        |  |
|                 | S  | S |  |                                 | 251,26                            | 1,0E-05              | 5,6E-02                | 4,8E-01                          | 6,9E-02                          | 2483,68       | 101,94      | 2381,74      |  |
|                 |    |   |  |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |

| 50 a |    |   |  |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |
|------|----|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|      | Z1 |   |  | Name                            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|      | 43 | 0 |  | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 156,36                            | 2,1E-07              | 4,0E-02                | 4,1E-01                          | 7,9E-02                          | 2306,04       | 26,69       | 2279,35      |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                       | 168,88                            | 4,0E-06              | 4,7E-02                | 3,8E-01                          | 5,2E-02                          | 1002,36       | 31,16       | 971,20       |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                 | 67,24                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,1E-01                          | 1,6E-02                          | 944,92        | 78,98       | 865,95       |  |
|      | 15 | 1 |  | Magerbetonplombe (teillbereich) | 4,25                              | 4,0E-08              | 7,7E-04                | 9,7E-03                          | 4,3E-03                          | 19,35         | 0,22        | 19,12        |  |
|      | S  | S |  |                                 | 396,73                            | 1,0E-05              | 1,0E-01                | 9,1E-01                          | 1,5E-01                          | 4272,67       | 137,05      | 4135,62      |  |
|      |    |   |  |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                               |                      |         |
|--------------|-------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 10                            | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                               | Gesamtfläche (m²)    | 1352,16 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                   | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich           | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                     | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl               | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 4             | bituminöser Voranstrich       | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 5             | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1350              | 5,40            |
| 6             | PS 20 SE                      | 30              | 16,00             | 100,00%               | 20                | 3,20            |
| 7             | Rohglasvlies 120              | 30              | 0,08              | 100,00%               | 150               | 0,12            |
| 8             | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 30              | 0,18              | 100,00%               | 1300              | 2,34            |
| 9             | Polyestervlies 300ge          | 30              | 0,30              | 100,00%               | 100               | 0,30            |
| 10            | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 30              | 12,00             | 100,00%               | 933,35            | 112,00          |
| <b>Summe:</b> |                               |                 |                   |                       |                   | <b>824,07</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 100,9                             | 4,49E-06             | 0,026  | 0,74                             | 0,020                            | 1453,9        | 49,2        | 1404,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 148,3                             | 4,93E-06             | 0,046  | 1,42                             | 0,058                            | 2369,7        | 68,5        | 2301,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 68,1% | 91,0% | 57,0% | 52,1% | 35,2% | 61,4% | 71,8% | 61,0% |
| Nutzung   | 18,2% | 8,6%  | 22,0% | 43,1% | 26,5% | 34,2% | 18,2% | 34,7% |
| Entsorgung  | 13,8% | 0,4%  | 21,0% | 4,8%  | 38,3% | 4,4%  | 10,0% | 4,2%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 0,4%                              | 0,8%                 | 0,2%   | 0,2%                             | 1,1%                             | 1,2%          | 0,6%        | 1,2%         |
| 2   | 54,5%                             | 33,2%                | 38,8%  | 13,5%                            | 69,1%                            | 20,1%         | 11,0%       | 20,4%        |
| 3   | 25,4%                             | 57,2%                | 26,1%  | 5,5%                             | 15,1%                            | 25,9%         | 64,4%       | 24,5%        |
| 4   | 3,2%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 28,4%                            | 0,0%                             | 11,1%         | 7,4%        | 11,2%        |
| 5   | 5,4%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 48,7%                            | 0,0%                             | 19,0%         | 12,7%       | 19,2%        |
| 6   | 8,5%                              | 5,9%                 | 11,5%  | 2,5%                             | 9,4%                             | 18,0%         | 2,5%        | 18,6%        |
| 7   | 0,3%                              | 0,3%                 | 0,4%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,7%          | 0,1%        | 0,7%         |
| 8   | 1,1%                              | 1,4%                 | 20,7%  | 0,5%                             | 1,6%                             | 1,8%          | 0,9%        | 1,8%         |
| 9   | 0,7%                              | 0,7%                 | 1,1%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,7%          | 0,3%        | 1,7%         |
| 10  | 0,6%                              | 0,6%                 | 1,1%   | 0,5%                             | 2,8%                             | 0,6%          | 0,3%        | 0,6%         |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 1,1%                              | 2,7%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 1,8%                             | 3,0%          | 1,7%        | 3,1%         |
| 2  | 46,1%                             | 32,5%                | 41,0%  | 10,9%                            | 36,5%                            | 17,1%         | 18,3%       | 17,1%        |
| 3  | 18,1%                             | 51,8%                | 15,3%  | 3,0%                             | 11,4%                            | 15,9%         | 46,1%       | 15,1%        |
| 4  | 4,4%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 29,6%                            | 0,1%                             | 13,6%         | 10,7%       | 13,7%        |
| 5  | 7,6%                              | 0,0%                 | 0,3%   | 50,8%                            | 0,2%                             | 23,4%         | 18,4%       | 23,5%        |
| 6  | 11,7%                             | 10,6%                | 13,2%  | 2,6%                             | 7,7%                             | 22,1%         | 3,5%        | 22,7%        |
| 7  | 0,5%                              | 0,5%                 | 0,5%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,8%          | 0,2%        | 0,8%         |
| 8  | 3,3%                              | 1,4%                 | 23,9%  | 0,9%                             | 2,4%                             | 1,0%          | 0,9%        | 1,0%         |
| 9  | 1,2%                              | 1,1%                 | 1,3%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,9%          | 0,4%        | 1,9%         |
| 10   | 6,1%                              | -0,7%                | 3,8%   | 1,6%                             | 39,1%                            | 1,2%          | -0,2%       | 1,2%         |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²)   | Gewicht [kg] |
|---------------|-----------------|---------------------|--------------|
| 43            | 0               | 1352,16             | 419,17       |
| 15            | 1               | 1352,16             | 893,477,04   |
| 15            | 2               | 1352,16             | 49,317,06    |
| 21            | 0               | 1352,16             | 4,259,30     |
| 21            | 0               | 1352,16             | 7,301,66     |
| 21            | 3               | 1352,16             | 4,326,91     |
| 21            | 0               | 1352,16             | 162,26       |
| 21            | 0               | 1352,16             | 3,164,05     |
| 21            | 0               | 1352,16             | 405,65       |
| 21            | 0               | 1352,16             | 151,444,62   |
| <b>Summe:</b> |                 | <b>1,114,277,74</b> |              |

1352,16 1.114.277,74 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |                               |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|-----------------|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83         | 0,29        | 17,54        |  |
|                 | 15 | 1 | Beton B35                     | 54,96                             | 1,5E-06              | 1,0E-02  | 1,0E-01                          | 1,4E-02                          | 292,12        | 5,40        | 286,72       |  |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 25,63                             | 2,6E-06              | 6,8E-03  | 4,0E-02                          | 3,1E-03                          | 376,28        | 31,65       | 344,63       |  |
|                 | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 3,21                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 2,1E-01                          | 0,0E+00                          | 160,88        | 3,63        | 157,25       |  |
|                 | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 5,50                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 3,6E-01                          | 0,0E+00                          | 275,80        | 6,23        | 269,57       |  |
|                 | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 8,57                              | 2,6E-07              | 3,0E-03  | 1,8E-02                          | 1,9E-03                          | 262,28        | 1,21        | 261,08       |  |
|                 | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,27                              | 1,3E-08              | 1,2E-04  | 5,5E-04                          | 4,8E-05                          | 9,63          | 0,06        | 9,57         |  |
|                 | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 1,10                              | 6,2E-08              | 5,4E-03  | 3,9E-03                          | 3,2E-04                          | 26,23         | 0,42        | 25,81        |  |
|                 | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 0,69                              | 3,2E-08              | 2,9E-04  | 1,4E-03                          | 1,2E-04                          | 24,08         | 0,16        | 23,92        |  |
|                 | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 0,60                              | 2,5E-08              | 3,0E-04  | 3,5E-03                          | 5,7E-04                          | 8,79          | 0,12        | 8,66         |  |
|                 | S  | S |                               | 100,92                            | 4,5E-06              | 2,6E-02  | 7,4E-01                          | 2,0E-02                          | 1453,93       | 49,18       | 1404,74      |  |

i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O.

### 50 a

|  | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|--|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|  | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38         | 1,18        | 70,21        |  |
|  | 15 | 1 | Beton B35                     | 68,34                             | 1,6E-06              | 1,9E-02  | 1,5E-01                          | 2,1E-02                          | 405,12        | 12,54       | 392,58       |  |
|  | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 26,90                             | 2,6E-06              | 7,0E-03  | 4,3E-02                          | 6,6E-03                          | 377,95        | 31,59       | 346,36       |  |
|  | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 6,54                              | 1,0E-09              | 8,3E-05  | 4,2E-01                          | 6,7E-05                          | 322,85        | 7,33        | 315,51       |  |
|  | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 11,21                             | 1,8E-09              | 1,4E-04  | 7,2E-01                          | 1,1E-04                          | 553,45        | 12,57       | 540,88       |  |
|  | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 17,36                             | 5,2E-07              | 6,1E-03  | 3,7E-02                          | 4,4E-03                          | 524,86        | 2,40        | 522,46       |  |
|  | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,69                              | 2,3E-08              | 2,4E-04  | 1,3E-03                          | 1,3E-04                          | 17,80         | 0,11        | 17,68        |  |
|  | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 4,88                              | 7,0E-08              | 1,1E-02  | 1,3E-02                          | 1,4E-03                          | 23,94         | 0,59        | 23,35        |  |
|  | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 1,71                              | 5,6E-08              | 6,0E-04  | 3,4E-03                          | 3,4E-04                          | 44,49         | 0,28        | 44,21        |  |
|  | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 8,99                              | -3,4E-08             | 1,7E-03  | 2,2E-02                          | 2,3E-02                          | 27,85         | -0,12       | 27,97        |  |
|  | S  | S |                               | 148,25                            | 4,9E-06              | 4,6E-02  | 1,4E+00                          | 5,8E-02                          | 2369,69       | 68,49       | 2301,20      |  |

i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O.

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 11                   | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamfläche (m²)     | 2353,29 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Beton B35               | 50              | 40,00             | 98,33%                | 2400              | 943,97          |
| 2             | Bewehrungsstahl         | 50              | 40,00             | 1,67%                 | 7800              | 52,10           |
| 3             | bituminöser Voranstrich | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 4             | Bauder PYE-PV 200 DD    | 30              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 5             | Bauder PYE-PV 200 S4 I  | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1050              | 4,20            |
| 6             | Gummigranulat 8 mm      | 30              | 0,80              | 100,00%               | 725               | 5,80            |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | <b>1015,22</b>  |

| Okologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|--|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|  | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |  |
| Erstellungsjahr                                  | 140,0                      | 6,36E-06      | 0,029                                    | 1,11                       | 0,026                      | 2091,7 | 71,2  | 2020,5 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 194,9                      | 6,98E-06      | 0,048                                    | 2,12                       | 0,046                      | 3336,7 | 99,4  | 3237,3 |  |

| Okologische Wirkung, gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |                            |               |  |                            |                            |       |       |       |  |
|---|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
|   | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|   | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellung  | 71,8%                      | 91,1%         | 60,9%                                    | 52,4%                      | 57,4%                      | 61,4% | 71,6% | 62,4% |  |
| Nutzung   | 15,6%                      | 7,8%          | 12,4%                                    | 43,4%                      | 7,4%                       | 34,2% | 18,4% | 33,9% |  |
| Entsorgung  | 12,6%                      | 1,0%          | 26,8%                                    | 4,2%                       | 35,1%                      | 4,4%  | 10,0% | 3,7%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²)   | Gewicht [kg] |
|----|---|--|--|--|-----------------|---------------------|--------------|
| 15 | 1 |  |  |  | 943,97          | 2353,29             | 2.221.430,45 |
| 15 | 2 |  |  |  | 52,10           | 2353,29             | 122.615,82   |
| 21 | 0 |  |  |  | 3,15            | 2353,29             | 7.412,96     |
| 21 | 0 |  |  |  | 6,00            | 2353,29             | 14.119,74    |
| 21 | 0 |  |  |  | 4,20            | 2353,29             | 9.883,62     |
| 21 | 0 |  |  |  | 5,80            | 2353,29             | 13.649,08    |
|    |   |  |  |  | <b>1.015,22</b> | <b>2.389.111,78</b> |              |

2353,29 2.389.111,78 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |                |              |                |           |
|-----------------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|----------------|-----------|
|                 | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m²     | Ee MJ/m²     | Ene MJ/m²      | Quelle    |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 77,40                          | 2,1E-06           | 1,4E-02                                       | 1,4E-01                       | 2,0E-02                       | 411,36         | 7,61         | 403,75         | Z-Zwo 9   |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 36,61                          | 3,7E-06           | 9,7E-03                                       | 5,8E-02                       | 4,4E-03                       | 537,57         | 45,21        | 492,35         | Z-Zwo 9   |
|                 | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 3,21                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 2,1E-01                       | 0,0E+00                       | 160,88         | 3,63         | 157,25         | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 6,87                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 4,5E-01                       | 0,0E+00                       | 344,75         | 7,79         | 336,97         | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 5,50                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 3,6E-01                       | 0,0E+00                       | 275,80         | 6,23         | 269,57         | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 10,43                          | 5,9E-07           | 5,5E-03                                       | -1,0E-01                      | 2,1E-03                       | 361,37         | 0,72         | 360,64         | k. Quelle |
|                 | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 140,01                         | 0,00              | 0,03  | 1,11                          | 0,03                          | 2091,73        | 71,20        | 2020,53        |           |
|                 |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | <b>140,01</b>                  | <b>6,4E-06</b>    | <b>2,9E-02</b>                                | <b>1,1E+00</b>                | <b>2,6E-02</b>                | <b>2091,73</b> | <b>71,20</b> | <b>2020,53</b> |           |
|                 |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%           | 0,0%         | 0,0%           |           |

Gewichtsanteil

Dickenanteil

Deltabefrag

| 50 a |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |                |              |                |  |
|------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|----------------|--------------|----------------|--|
|      | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m²     | Ee MJ/m²     | Ene MJ/m²      |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 96,50                          | 2,3E-06           | 2,7E-02                                       | 2,2E-01                       | 3,0E-02                       | 572,78         | 17,80        | 554,97         |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 38,42                          | 3,7E-06           | 1,0E-02                                       | 6,1E-02                       | 9,4E-03                       | 539,96         | 45,13        | 494,33         |  |
|      | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 6,54                           | 1,0E-09           | 8,3E-05                                       | 4,2E-01                       | 6,7E-05                       | 322,85         | 7,33         | 315,51         |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 14,01                          | 2,2E-09           | 1,8E-04                                       | 9,0E-01                       | 1,4E-04                       | 691,81         | 15,72        | 676,09         |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 11,21                          | 1,8E-09           | 1,4E-04                                       | 7,2E-01                       | 1,1E-04                       | 553,45         | 12,57        | 540,88         |  |
|      | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 28,25                          | 1,1E-06           | 1,1E-02                                       | -2,2E-01                      | 6,2E-03                       | 655,87         | 0,87         | 655,00         |  |
|      | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 194,94                         | 0,00              | 0,05  | 2,12                          | 0,05                          | 3336,71        | 99,43        | 3237,28        |  |
|      |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | <b>194,94</b>                  | <b>7,0E-06</b>    | <b>4,8E-02</b>                                | <b>2,1E+00</b>                | <b>4,6E-02</b>                | <b>3336,71</b> | <b>99,43</b> | <b>3237,28</b> |  |
|      |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%           | 0,0%         | 0,0%           |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 13                       | Anzahl Schichten     | 7       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamtfäche (m²)     | 2476,09 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm                                | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 2             | Luftschicht ruhend   | 25              | 1,60              | 70,50%                | 0                 | 0,00            |
| 3             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm thermisch getrenntes Aluprofil | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 4             | Typ Schüco Royal S70.1, 8,75 kg/m²                         | 50              | 0,32              |                       | 2700              | 8,75            |
| 5             | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM                              | 25              | 0,10              | 25,40%                | 1150              | 0,29            |
| 6             | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR                               | 25              | 0,10              | 6,30%                 | 1500              | 0,09            |
| 7             | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn                             | 25              | 0,01              | 29,50%                | 1300              | 0,04            |
| <b>Summe:</b> |  |                 |                   |                       |                   | <b>30,32</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| Erstellungsjahr                                  | 129,8                             | 8,45E-06             | 0,058  | 0,61                             | 0,038                            | 2114,9        | 435,5       | 1679,4       |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 99,6                              | 4,22E-06             | 0,033  | 0,40                             | 0,049                            | 1085,3        | 131,9       | 953,3        |  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |        |        |         |         |         |  |
|---|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP     | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |  |
| Erstellung  | 130,3% | 200,4%  | 174,3%  | 153,4% | 76,5%  | 194,9%  | 330,1%  | 176,2%  |  |
| Nutzung   | 35,0%  | 19,2%   | 28,6%   | 38,4%  | 46,6%  | 25,2%   | 3,0%    | 28,3%   |  |
| Entsorgung  | -65,3% | -119,6% | -103,0% | -91,8% | -23,1% | -120,1% | -233,1% | -104,4% |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 2   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 4   | 82,7%                             | 87,5%                | 84,7%  | 78,5%                            | 48,4%                            | 80,9%         | 98,8%       | 76,2%        |  |
| 5   | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,2%                             | 0,3%                             | 1,1%          | 0,0%        | 1,4%         |  |
| 6   | 0,2%                              | 0,1%                 | 0,2%   | 0,1%                             | 0,1%                             | 0,3%          | 0,0%        | 0,4%         |  |
| 7   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 2  | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 4  | 30,1%                             | 61,6%                | 42,7%  | 23,3%                            | 6,9%                             | 49,6%         | 94,0%       | 43,5%        |  |
| 5  | 1,7%                              | 1,3%                 | 1,8%   | 0,8%                             | 0,7%                             | 4,0%          | 0,2%        | 4,5%         |  |
| 6  | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 1,2%          | 0,1%        | 1,4%         |  |
| 7  | 0,1%                              | 0,0%                 | 0,6%   | 0,1%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg]                |
|---------------|---|-----------------|-------------------|-----------------------------|
|               |   | Gewicht [kg/m²] |                   |                             |
| 24            | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65                   |
| 24            | 5 | 0,00            | 2476,09           | 0,00                        |
| 24            | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65                   |
| 24            | 2 | 8,75            | 2476,09           | 21.665,79                   |
| 24            | 0 | 0,29            | 2476,09           | 723,27                      |
| 24            | 0 | 0,09            | 2476,09           | 233,99                      |
| 24            | 0 | 0,04            | 2476,09           | 94,96                       |
| <b>Summe:</b> |   |                 |                   | <b>75.087,31</b>            |
|               |   |                 |                   | 2476,09 75.087,31 Kontrolle |

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |                     |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 | Name Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 24              | 5                   | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
| 24              | 5                   | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
| 24              | 5                   | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
| 24              | 2                   | 107,28                            | 7,4E-06              | 4,9E-02  | 4,8E-01                          | 1,8E-02                          | 1710,07       | 430,35      | 1279,72      |
| 24              | 0                   | 0,66                              | 3,0E-08              | 2,9E-04  | 1,3E-03                          | 1,2E-04                          | 23,27         | 0,15        | 23,12        |
| 24              | 0                   | 0,21                              | 9,5E-09              | 8,8E-05  | 4,1E-04                          | 3,6E-05                          | 7,22          | 0,05        | 7,18         |
| 24              | 0                   | 0,02                              | 1,1E-09              | 9,2E-05  | 6,7E-05                          | 5,4E-06                          | 0,45          | 0,01        | 0,44         |
| S               | S                   | 129,79                            | 8,4E-06              | 5,8E-02  | 6,1E-01                          | 3,8E-02                          | 2114,87       | 435,49      | 1679,38      |
|                 |                     | I.O.                              | I.O.                 | I.O.   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |

#### 50 a

| Erstellungsjahr |                     |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 | Name Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 24              | 5                   | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
| 24              | 5                   | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
| 24              | 5                   | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
| 24              | 2                   | 29,93                             | 2,6E-06              | 1,4E-02  | 9,3E-02                          | 3,4E-03                          | 538,65        | 123,99      | 414,66       |
| 24              | 0                   | 1,66                              | 5,4E-08              | 5,8E-04  | 3,3E-03                          | 3,3E-04                          | 42,99         | 0,27        | 42,71        |
| 24              | 0                   | 0,52                              | 1,7E-08              | 1,8E-04  | 1,0E-03                          | 1,0E-04                          | 13,29         | 0,08        | 13,21        |
| 24              | 0                   | 0,06                              | 1,2E-09              | 1,9E-04  | 2,1E-04                          | 2,3E-05                          | 0,43          | 0,01        | 0,42         |
| S               | S                   | 99,61                             | 4,2E-06              | 3,3E-02  | 4,0E-01                          | 4,9E-02                          | 1085,25       | 131,33      | 953,32       |
|                 |                     | I.O.                              | I.O.                 | I.O.   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |





Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

Table with 4 columns: Bauteil-Nr., Bauteilname, Anzahl Schichten, Betrachtungszeitraum, Gesamtfläche (m²). Rows include Bauteil-Nr.: 17, Bauteilname: Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden), Anzahl Schichten: 9, Betrachtungszeitraum: 50, Gesamtfläche (m²): 5325,00.

Bauteiltabelle: Table with 7 columns: Schicht-Nr., Bezeichnung, Lebensdauer [a], Schichtdicke [cm], Schichtdickenanteil %, Rohdichte [kg/m³], Gewicht [kg/m²]. Rows 1-9 detailing layers like Nadelvliz, PVC-Kleber, Anhydrit-Estrich, PE-Folie, zementgebundene Faserplatte, Stahlfüsse + Luftschiicht, Beton B35, Bewehrungsstahl, Dispersionsanstrich.

Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche: Table with 10 columns: GWP, ODP, POCP, AP, EP, Eges, Ee, Ene. Rows for Erstellungsjahr, Lebenszyklus 50 Jahre.

Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus: Table with 8 columns: GWP, ODP, POCP, AP, EP, Eges, Ee, Ene. Rows for Erstellung, Nutzung, Entsorgung.

AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

Summary table for environmental impact: Gewicht [kg/m²], Gesamtfläche (m²), Gewicht [kg]. Rows for individual layers and totals (783,64 and 4.172.885,13).

Auswertung Ed. Züblin AG

Erstellungsjahr: Detailed table with 14 columns: GWP, ODP, POCP, AP, EP, Eges, Ee, Ene, and 3 source columns. Rows for various materials and their environmental impacts.

50 a: Detailed table with 14 columns: GWP, ODP, POCP, AP, EP, Eges, Ee, Ene, and 3 source columns. Rows for various materials and their environmental impacts, including comparison with Ca. Ermittlung.

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                                |                      |         |
|--------------|--------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 19                             | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                                | Gesamtfläche (m²)    | 4034,99 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Epoxidharz-Beschichtung | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35               | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl         | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | 703,25          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                            |               |                |                            |                            |        |       |        |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|--|
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2F4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>2</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |  |
| Erstellungsjahr  | 129,3                      | 4,06E-06      | 0,030          | 0,27                       | 0,042                      | 1473,6 | 46,3  | 1427,4 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 251,6                      | 3,95E-06      | 0,066          | 0,61                       | 0,106                      | 3089,1 | 70,8  | 3018,3 |  |

| Ökologische Wirkung, Ggliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |                            |               |                |                            |                            |       |       |       |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2F4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>2</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellung   | 51,4%                      | 102,8%        | 45,8%          | 44,6%                      | 39,9%                      | 47,7% | 65,3% | 47,3% |  |
| Nutzung  | 41,4%                      | -3,5%         | 40,5%          | 44,9%                      | 49,4%                      | 49,8% | 25,1% | 50,3% |  |
| Entsorgung   | 7,2%                       | 0,7%          | 13,7%          | 10,4%                      | 10,8%                      | 2,5%  | 9,5%  | 2,4%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43            | 0 |  |  |  | 6,00            | 4034,99           | 24.209,94    |
| 15            | 1 |  |  |  | 660,78          | 4034,99           | 2.666.231,01 |
| 15            | 2 |  |  |  | 36,47           | 4034,99           | 147.167,38   |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |                 | 703,25            | 2.837.608,33 |

4034,99 2.837.608,33 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                      |                            |               |                |                            |                            |         |       |         |         |  |  |
|-----------------|----|---|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------|-------|---------|---------|--|--|
|                 | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges    | Ee    | Ene     | Quelle  |  |  |
|                 |    |   |  |                                      | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²   | MJ/m² | MJ/m²   |         |  |  |
|                 | 43 | 0 |  | Epoxidharz-Beschichtung              | 48,69                      | 0,0E+00       | 1,3E-02        | 1,3E-01                    | 2,5E-02                    | 805,25  | 9,22  | 796,03  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                            | 54,18                      | 1,5E-06       | 1,0E-02        | 9,8E-02                    | 1,4E-02                    | 287,95  | 5,33  | 282,82  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                      | 25,63                      | 2,6E-06       | 6,8E-03        | 4,0E-02                    | 3,1E-03                    | 376,30  | 31,65 | 344,65  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter     | 129,30                     | 4,0E-06       | 3,0E-02        | 2,7E-01                    | 4,2E-02                    | 1469,50 | 46,20 | 1423,30 |         |  |  |
|                 |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert               | 129,28                     | 4,1E-06       | 3,0E-02        | 2,7E-01                    | 4,2E-02                    | 1473,69 | 46,27 | 1427,37 |         |  |  |
|                 |    |   |  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,6%                       | 0,5%          | 0,5%           | 0,5%                       | 0,5%                       | 0,3%    | 0,2%  | 0,3%    |         |  |  |

| 50 a |    |   |  |                                      |                            |               |                |                            |                            |         |       |         |        |  |  |
|------|----|---|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------|-------|---------|--------|--|--|
|      | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges    | Ee    | Ene     | Quelle |  |  |
|      |    |   |  |                                      | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²   | MJ/m² | MJ/m²   |        |  |  |
|      | 43 | 0 |  | Epoxidharz-Beschichtung              | 156,36                     | 0,00          | 0,04           | 0,41                       | 0,08                       | 2306,04 | 26,69 | 2279,35 |        |  |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                            | 67,55                      | 0,00          | 0,02           | 0,15                       | 0,02                       | 400,94  | 12,46 | 388,48  |        |  |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                      | 26,90                      | 0,00          | 0,01           | 0,04                       | 0,01                       | 377,57  | 31,59 | 346,56  |        |  |  |
|      | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter     | 250,81                     | 3,9E-06       | 6,5E-02        | 6,0E-01                    | 1,1E-01                    | 3084,55 | 70,75 | 3014,20 |        |  |  |
|      |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert               | 251,89                     | 4,0E-06       | 6,6E-02        | 6,1E-01                    | 1,1E-01                    | 3089,10 | 70,82 | 3018,28 |        |  |  |
|      |    |   |  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,3%                       | 0,5%          | 0,2%           | 0,2%                       | 0,2%                       | 0,1%    | 0,1%  | 0,1%    |        |  |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 22                   | Anzahl Schichten     | 8       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamtfäche (m²)     | 3135,18 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 3             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 4             | Metallständer CW Profil 50 | 50              | 5,00              |                       | 50                | 2,50            |
| 5             | Dämmung Mineralwolle       | 30              | 4,00              | 100,00%               | 22                | 0,88            |
| 6             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 7             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 8             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b> |                            |                 |                   |                       |                   | <b>44,00</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| Erstellungsjahr  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 15,2   | 7,65E-07                       | 0,004             | 0,04  | 0,005                         | 261,5                         | 23,3       | 238,1    |           |
| 28,9   | 1,68E-06                       | 0,005             | 0,07  | 0,017                         | 491,4                         | 45,5       | 445,9    |           |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |        |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung   | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 56,2% |
| Entsorgung  | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| 2   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 3   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 4   | 28,7%                          | 2,2%              | 47,5%   | 32,2%                         | 23,2%                         | 23,3%      | 8,4%     | 24,7%     |
| 5   | 6,7%                           | 5,0%              | 8,2%  | 13,0%                         | 10,4%                         | 5,2%       | 0,9%     | 5,6%      |
| 6   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 7   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 8   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| 2  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 3  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 4  | 8,1%                           | 6,0%              | 9,7%  | 4,7%                          | 1,9%                          | 5,3%       | 3,9%     | 5,4%      |
| 5  | 10,5%                          | 3,4%              | 13,0%   | 17,5%                         | 7,7%                          | 3,4%       | 0,7%     | 3,6%      |
| 6  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 7  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 8  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfäche (m²) | Gewicht [kg]      |
|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 2               | 3135,18          | 7,837,95          |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| <b>Summe:</b> |                 |                  | <b>137.947,92</b> |

3135,18 137.947,92 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|-----------------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|                 | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 4,37              | 1,7E-08                                       | 1,9E-03                       | 1,2E-02                       | 1,1E-03    | 60,84    | 1,95      | 58,89  |  |  |  |
|                 | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 1,01              | 3,9E-08                                       | 3,3E-04                       | 4,9E-03                       | 5,1E-04    | 13,62    | 0,22      | 13,41  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | S  | S                   |                                | 15,22             | 7,7E-07                                       | 4,0E-03                       | 3,7E-02                       | 4,9E-03    | 261,45   | 23,33     | 238,13 |  |  |  |

| 50 a |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|      | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 1,76              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 25,82    | 1,79      | 24,03  |  |  |  |
|      | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 3,03              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 16,52    | 0,34      | 16,18  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | S  | S                   |                                | 28,35             | 1,7E-06                                       | 5,4E-03                       | 6,6E-02                       | 1,7E-02    | 491,42   | 45,49     | 445,93 |  |  |  |



Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                              |                      |         |
|--------------|------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 24                           | Anzahl Schichten     | 2       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                              | Gesamfläche (m²)     | 1853,91 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung ESG                 | 30              | 0,80              |                       | 2500              | 20,00           |
| 2             | Metallständer, Alu beschichtet | 50              | 10,00             |                       |                   | 11,76           |
| <b>Summe:</b> |                                |                 |                   |                       |                   | 31,76           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 40,2                              | 9,98E-07             | 0,017                  | 0,17                             | 0,023                            | 625,4         | 13,6        | 611,8        |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 48,9                              | 2,30E-06             | 0,018                  | 0,25                             | 0,040                            | 801,6         | 17,3        | 784,4        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |       |        |       |        |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |
| Erstellung  | 82,2%  | 43,5% | 92,5%  | 69,0%  | 56,9% | 78,0%  | 78,9% | 78,0%  |
| Nutzung   | 41,5%  | 39,7% | 43,1%  | 47,1%  | 48,2% | 42,4%  | 25,7% | 42,8%  |
| Entsorgung  | -23,7% | 16,8% | -35,8% | -16,1% | -5,1% | -20,4% | -4,6% | -20,8% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 48,9%                             | 92,1%                | 46,0%                  | 67,6%                            | 76,6%                            | 54,2%         | 32,8%       | 54,7%        |
| 2   | 51,1%                             | 7,9%                 | 54,0%                  | 32,4%                            | 23,4%                            | 45,8%         | 67,2%       | 45,3%        |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%                 | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 83,0%                             | 79,5%                | 86,1%                  | 94,3%                            | 96,3%                            | 84,9%         | 51,4%       | 85,6%        |
| 2  | 17,0%                             | 20,5%                | 13,9%                  | 5,7%                             | 3,7%                             | 15,1%         | 48,6%       | 14,4%        |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%                 | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht<br>[kg/m²] | Gesamt-<br>länge (m) | Gewicht<br>[kg] |
|---------------|---|--|--|--|--|--------------------|----------------------|-----------------|
| 36            | 5 |  |  |  |  | 20,00              | 1853,91              | 37.078,20       |
| 36            | 2 |  |  |  |  | 11,76              | 1853,91              | 21.801,98       |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  | 31,76              |                      | 58.880,18       |

1853,91 58.880,18 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |  |  |   |   |  |                                |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|--|--|---|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 |  |  |   |   |  | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|                 |  |  |   |   |  | Verglasung ESG                 | 19,62                             | 0,00                 | 0,01                   | 0,12                             | 0,02                             | 339,23        | 4,47        | 334,75       |
|                 |  |  |   |   |  | Metallständer, Alu beschichtet | 20,53                             | 0,00                 | 0,01                   | 0,06                             | 0,01                             | 286,20        | 9,17        | 277,03       |
|                 |  |  | S | S |  |                                | 40,16                             | 1,0E-06              | 1,7E-02                | 1,7E-01                          | 2,3E-02                          | 625,43        | 13,65       | 611,78       |
|                 |  |  |   |   |  |                                | 1,0                               | 1,0                  | 1,0                    | 1,0                              | 1,0                              | 1,0           | 1,0         | 1,0          |

| 50 a |  |  |   |   |  |                                |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|------|--|--|---|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|      |  |  |   |   |  | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|      |  |  |   |   |  | Verglasung ESG                 | 40,58                             | 0,00                 | 0,02                   | 0,24                             | 0,04                             | 680,21        | 8,88        | 671,33       |
|      |  |  |   |   |  | Metallständer, Alu beschichtet | 8,25                              | 0,00                 | 0,00                   | 0,01                             | 0,00                             | 121,43        | 8,41        | 113,03       |
|      |  |  | S | S |  |                                | 48,83                             | 2,3E-06              | 1,8E-02                | 2,5E-01                          | 4,0E-02                          | 801,65        | 17,29       | 784,35       |
|      |  |  |   |   |  |                                | 1,0                               | 1,0                  | 1,0                    | 1,0                              | 1,0                              | 1,0           | 1,0         | 1,0          |

**Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile**  
 von Ed. Züblin AG

| 25. Mai 09                              |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |           |           | Spezialbauteile |  |  |
|---|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------------|--|--|
|   |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9                         | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |           |           |                 |  |  |
|   |  | 17                                    | 19                           | ZZwo9                   | ZZwo23               | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo24                       | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                                |           |           |                 |  |  |
| BT-Name                                 |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |           |           |                 |  |  |
| Fläche                                  |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |           |           |                 |  |  |
|   |  | 14,0%                                 | 10,6%                        | 9,9%                    | 8,2%                 | 8,0%                       | 2,8%                      | 6,5%                                 | 6,2%                 | 5,9%                      | 4,9%                         | 3,5%                          | 3,3%                | 2,6%                                 |           |           |                 |  |  |
| alle 13 Bte                             |  | Fläche                                | 34.411,5 m²                  | alle Bte                | 38.089,7             | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| kg/Flä                                  |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                                |           |           |                 |  |  |
| Σ kg                                    |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |           |           |                 |  |  |
|   |  | 17,15%                                | 11,66%                       | 27,72%                  | 0,57%                | 6,01%                      | 0,02%                     | 0,31%                                | 9,82%                | 8,92%                     | 0,24%                        | 4,58%                         | 2,56%               | 3,25%                                |           |           |                 |  |  |
| alle 13 Bte                             |  | Σ kg                                  | 22.580.781,8                 | alle Bte                | 24.331.789           | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
|   |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           | kg        |                 |  |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - Gewicht |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
|   |  | DE7                                   | DE9                          | BoPL2                   | WA5                  | WA6                        | SS2                       | FF2                                  | DE8                  | WA8                       | WA4                          | DE6                           | WA7                 | DE5                                  |           |           |                 |  |  |
| 15                                      |  | 21.411.222,2                          | 94,8%                        | 3.712.858,4             | 2.813.398,4          | 6.721.775,5                |                           |                                      |                      |                           |                              | 2.344.046,3                   | 2.170.443,7         | 942.794,1                            | 602.746,2 | 706.621,6 |                 |  |  |
| 21                                      |  | 216.130,0                             | 1,0%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              | 45.065,5                      |                     | 171.064,5                            |           |           |                 |  |  |
| 24                                      |  | 75.087,3                              | 0,3%                         |                         |                      |                            |                           |                                      | 75.087,3             |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 25                                      |  | 19.240,2                              | 0,1%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     | 19.240,2                             |           |           |                 |  |  |
| 26                                      |  | 4.336,2                               | 0,0%                         |                         |                      |                            |                           | 4.336,2                              |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 27                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 31                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 32                                      |  | 63.935,1                              | 0,3%                         |                         |                      |                            |                           | 63.935,1                             |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 33                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 34                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 35                                      |  | 5.046,3                               | 0,0%                         | 4.260,0                 |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 36                                      |  | 194.894,3                             | 0,9%                         |                         |                      |                            | 136.004,1                 |                                      |                      |                           |                              |                               | 58.880,2            |                                      |           | 786,3     |                 |  |  |
| 37                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 38                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 39                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 40                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 41                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 42                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 43                                      |  | 52.960,7                              | 0,2%                         | 1.650,8                 | 24.209,9             | 22.701,3                   | 1.943,8                   | 943,8                                |                      |                           | 701,3                        |                               | 419,2               | 390,6                                |           |           |                 |  |  |
| 44                                      |  | 537.939,4                             | 2,4%                         | 454.116,0               |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           | 83.823,4  |                 |  |  |
| 45                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 46                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 47                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 48                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| Gewicht                                 |  | Σ =                                   | 100,0%                       | 4.172.885,1             | 2.837.608,3          | 6.744.476,8                | 137.947,9                 | 1.461.417,0                          | 4.336,2              | 75.087,3                  | 2.389.111,8                  | 2.171.145,1                   | 58.880,2            | 1.114.277,7                          | 622.377,0 | 791.231,3 |                 |  |  |
|   |  | 22.580.781,8                          |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
|   |  | 22.580.781,8                          |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |

| Metallgruppen Verteilung - Gewicht |           |              |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
|------------------------------------|-----------|--------------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                                    |           | DE7          | DE9    | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2       | FF2         | DE8      | WA8         | WA4         | DE6         | WA7       | DE5         |           |           |
| 0                                  | Sonstiges | 992.223,9    | 4,4%   | 455.873,3   | 34.209,9    | 22.701,3    | 127.351,0 | 64.878,9    | 1.052,2  | 45.065,5    | 701,3       | 167.156,7   | 390,6     | 83.843,1    |           |           |
| 1                                  | Beton     | 20.257.293,8 | 89,7%  | 3.519.640,7 | 2.666.231,0 | 6.376.783,8 |           | 1.317.222,0 |          | 2.221.430,5 | 2.044.096,6 | 893.477,0   | 569.920,7 | 649.491,5   |           |           |
| 2                                  | Metall    | 1.204.890,5  | 5,3%   | 198.371,2   | 147.167,4   | 344.991,7   | 7.838,0   | 79.316,1    | 4.336,2  | 21.665,8    | 122.615,8   | 126.347,2   | 21.802,0  | 49.317,1    | 44.505,7  | 36.616,5  |
| 3                                  | Dämmung   | 35.926,1     | 0,2%   |             |             |             | 2.759,0   |             |          |             |             |             |           | 4.326,9     | 7.560,0   | 21.280,2  |
| 4                                  |           |              |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
| 5                                  | Glas      | 89.447,5     | 0,4%   |             |             |             |           |             | 52.369,3 |             |             | 37.078,2    |           |             |           |           |
| Gewicht                            |           | Σ =          | 100,0% | 4.172.885,1 | 2.837.608,3 | 6.744.476,8 | 137.947,9 | 1.461.417,0 | 4.336,2  | 75.087,3    | 2.389.111,8 | 2.171.145,1 | 58.880,2  | 1.114.277,7 | 622.377,0 | 791.231,3 |
|                                    |           | 22.580.781,8 |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
|                                    |           | 22.580.781,8 |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                          | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9                        | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo3                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                        | ZZwo4                        | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AW2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                  | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 34.411,5 m²                           |                              | 38.089,7                |                      | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                          |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 490,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                    | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σ kg        |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1              | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 22.580.781,8                          |                              | 24.331.789              |                      | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                          |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 21.036.122,3 | 47,4%       | 3.559.227,7 | 2.680.230,2 | 6.350.417,0 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdic  | 3.727.397,9  | 8,4%        |             |             | 1.392.331,3 |             | 2.233.094,2 | 2.194.313,3 |             | 903.783,2   | 601.559,6   | 1.121.165,8 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 5.236.616,8  | 11,8%       |             |             |             |             | 5.236.616,8 | 2.689.351,9 |             | 1.038.046,0 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 2.077.593,4  | 4,7%        |             |             |             |             |             |             |             |             | 2.077.593,4 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.991.498,8  | 4,5%        |             |             |             | 1.991.498,8 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 80.357,9     | 0,2%        |             |             | 80.357,9    |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 391.920,3    | 0,9%        | 330.850,0   |             |             |             |             |             |             |             |             | 61.070,3    |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 1.867.388,3  | 4,2%        |             |             | 707.899,8   |             |             |             | 1.159.488,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 6.643.839,5  | 15,0%       | 94.951,1    | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 111.808,0   | 54.287,6    |             |             | 40.340,2    | 24.110,6    | 22.467,3    |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 1.328.516,9  | 3,0%        | 1.121.503,2 |             |             |             |             |             |             |             |             | 207.013,7   |             |
| Σ =          |    | 100,0%     | 5.106.532,1  | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
 44.381.252,0  
 4086,7 pro NGF alle Bte: 4543,47 89,9%

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- 50a

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 24.680.224,9 | 39%          | 4.169.828,1  | 3.142.909,2 | 7.440.843,3 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdic  | 7.282.502,3  | 12%          |              |             | 1.621.216,1 |             | 2.618.585,6 | 2.549.651,9 |             | 1.058.830,9 | 704.759,7   | 1.373.600,3 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 2.687.176,8  | 4%           |              |             |             |             | 2.687.176,8 | 5.233.657,5 |             | 2.048.844,8 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 1.534.928,9  | 2%           |              |             |             |             |             |             |             |             | 1.534.928,9 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.254.590,7  | 2%           |              |             |             | 1.254.590,7 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 100.900,3    | 0%           |              |             | 100.900,3   |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 765.013,2    | 1%           | 645.806,4    |             |             |             |             |             |             |             |             | 119.206,8   |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 2.579.288,6  | 4%           |              |             | 1.093.108,0 |             |             |             | 1.486.181,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 18.422.822,0 | 31%          | 380.107,6    | 9.304.840,9 | 8.725.010,7 | 447.589,0   | 217.323,7   |             |             | 161.489,7   | 96.519,5    | 89.940,9    |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 2.501.780,8  | 4%           | 2.111.945,4  |             |             |             |             |             |             |             |             | 389.835,4   |             |
| Σ =          |    | 100,0%     | 7.307.687,5  | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
 62.809.229,4  
 5783,5 pro NGF alle Bte: 6204,46 93,22%

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

|     |           | DE7          | DE9         | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|-----|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0   | Sonstiges | 12.248.693,5 | 27,6%       | 1.446.220,6 | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 586.241,3   | 134.645,5   | 76.620,8    | 2.689.351,9 | 40.340,2    | 707.506,1   | 22.467,3    | 249.425,3   |             |
| 1   | Beton     | 8.886.387,5  | 20,0%       | 1.555.580,3 | 1.161.878,6 | 2.791.077,9 |             | 574.013,3   |             | 968.045,3   | 890.787,6   | 394.998,4   | 262.911,6   | 287.134,5   |             |
| 2   | Metall    | 20.712.987,0 | 46,7%       | 2.104.751,1 | 1.518.351,6 | 3.559.339,1 | 190.752,2   | 818.318,0   | 1.991.498,8 | 4.234.297,6 | 1.265.048,8 | 1.303.545,7 | 530.594,8   | 388.507,4   |             |
| 3   | Dämmung   | 978.591,9    | 2,2%        |             |             |             | 42.714,4    |             |             |             |             |             | 354.650,6   | 117.044,4   |             |
| 4   |           |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 464.182,5   |             |
| 5   | Glas      | 1.554.592,1  | 3,5%        |             |             |             |             |             | 925.698,3   |             |             | 628.893,7   |             |             |             |
| Σ = |           | 100,0%       | 5.106.532,1 | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
 44.381.252,0

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- 50 a

|     |           | DE7          | DE9         | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|-----|-----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0   | Sonstiges | 30.413.305,9 | 48,4%       | 3.094.970,4  | 9.304.840,9  | 8.725.010,7 | 1.407.965,3 | 318.224,0   | 140.415,1   | 5.233.657,5 | 161.489,7   | 1.435.665,9 | 89.940,9    | 501.125,4   |             |
| 1   | Beton     | 12.338.786,7 | 19,6%       | 2.157.248,0  | 1.617.804,1  | 3.865.672,5 |             | 799.258,2   |             | 1.347.909,9 | 1.240.308,0 | 547.783,0   | 364.605,3   | 398.197,6   |             |
| 2   | Metall    | 15.982.880,8 | 25,4%       | 2.055.469,1  | 1.525.105,1  | 3.575.170,8 | 80.934,7    | 821.957,8   | 1.254.590,7 | 1.333.746,9 | 1.270.675,7 | 1.309.343,8 | 225.127,2   | 511.047,9   |             |
| 3   | Dämmung   | 1.600.186,8  | 2,5%        |              |              |             | 51.797,1    |             |             |             |             |             | 709.698,3   | 234.782,7   |             |
| 4   |           |              |             |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             | 603.908,7   |             |
| 5   | Glas      | 2.474.069,2  | 3,9%        |              |              |             |             |             | 1.213.014,8 |             |             | 1.261.054,4 |             |             |             |
| Σ = |           | 100,0%       | 7.307.687,5 | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
 62.809.229,4



Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile            |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                         | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strahlwand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                    | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche 34.411,5 m²                    |                              | alle Bte 38.089,7       |                      | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                            |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                       | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                   | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg 22.580.781,8                      |                              | alle Bte 24.331.789     |                      | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                            |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | S/S | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 15 | 2.487.544,4 | 65,8%   | 429.141,8 | 322.017,3 | 766.550,2 |           |           |           | 268.296,0 | 256.377,7 |           | 108.970,6 | 72.531,0  | 99.926,5  |           |
| 21 | 88.143,8    | 2,3%    |           |           |           | 163.733,3 |           |           | 61.187,9  |           |           | 26.955,9  |           |           |           |
| 24 | 321.366,8   | 8,5%    |           |           |           |           |           | 321.366,8 |           |           |           |           |           |           |           |
| 25 | 131.750,1   | 3,5%    |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 131.750,1 |           |           |
| 26 | 124.929,1   | 3,3%    |           |           |           |           | 124.929,1 |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32 | 14.304,4    | 0,4%    |           |           |           | 14.304,4  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35 | 25.224,4    | 0,7%    | 21.293,9  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 3.930,6   |           |
| 36 | 119.673,1   | 3,2%    |           |           | 45.228,7  |           |           |           |           |           | 74.444,4  |           |           |           |           |
| 37 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43 | 388.483,5   | 10,3%   | 2.120,4   | 196.478,2 | 184.234,7 | 2.496,8   | 1.212,3   |           | 900,9     |           |           | 538,4     | 501,7     |           |           |
| 44 | 76.888,4    | 2,0%    | 64.907,4  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 11.981,0  |           |
| 45 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Σ= | 3.778.308,0 | 100,0%  | 517.463,5 | 518.495,5 | 950.784,9 | 47.725,5  | 179.250,1 | 124.929,1 | 321.366,8 | 329.483,8 | 257.278,6 | 74.444,4  | 136.464,9 | 204.782,9 | 115.838,1 |
| S  | 3.778.308,0 |         | 97,2      | 128,5     | 251,3     | 15,2      | 58,9      | 115,2     | 129,8     | 140,0     | 113,7     | 40,2      | 100,9     | 162,5     | 117,9     |
|    | 347,9       | pro NGF | alle Bte: | 384,9     | 90,4%     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | S/S | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----|-------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 15 | 2.959.546,8 | 56%     | 507.117,9 | 381.103,2   | 909.464,8   |           |           |           | 317.524,7 | 302.147,1 |           | 128.970,6 | 85.710,1  | 134.554,1 |           |
| 21 | 210.696,6   | 4%      |           |             |             | 193.154,1 |           |           | 141.219,3 |           |           | 69.479,4  |           |           |           |
| 24 | 246.614,6   | 5%      |           |             |             |           |           | 246.614,6 |           |           |           |           |           |           |           |
| 25 | 91.267,0    | 2%      |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           | 91.267,0  |           |           |
| 26 | 69.719,8    | 1%      |           |             |             |           | 69.719,8  |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32 | 25.480,0    | 0%      |           |             |             | 25.480,0  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35 | 52.459,7    | 1%      | 44.285,3  |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 8.174,4   |           |
| 36 | 171.096,2   | 3%      |           |             | 80.492,1    |           |           |           |           |           | 90.604,1  |           |           |           |           |
| 37 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43 | 1.254.422,0 | 24%     | 8.711,3   | 630.906,3   | 591.591,5   | 10.257,9  | 4.980,6   |           | 3.701,0   |           |           | 2.212,0   | 2.061,3   |           |           |
| 44 | 178.515,3   | 3%      | 150.696,4 |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 27.816,8  |           |
| 45 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Σ= | 5.259.820,1 | 100,0%  | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9  | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1  | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
| S  | 5.259.820,1 |         | 133,5     | 250,8       | 396,7       | 28,9      | 73,4      | 64,3      | 99,6      | 194,9     | 135,2     | 48,9      | 148,3     | 142,1     | 173,5     |
|    | 484,3       | pro NGF | alle Bte: | 525,60      | 92,1%       |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

Materialspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |             |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |
|----|-----------|-------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0  | Sonstiges | 603.430,6   | 16,0%  | 81.089,6  | 196.478,2 | 184.234,7 | 30.863,5 | 15.516,7  | 2.197,6   | 61.187,9  | 900,9     | 15.906,8 | 501,7     | 14.572,9  |           |
| 1  | Beton     | 1.670.994,3 | 44,2%  | 292.683,3 | 218.610,9 | 524.143,6 |          | 108.002,3 |           | 182.140,6 | 167.600,6 | 74.320,1 | 49.467,6  | 54.025,2  |           |
| 2  | Metall    | 1.369.775,5 | 36,3%  | 143.710,5 | 103.406,4 | 242.406,5 | 13.685,1 | 55.731,0  | 124.929,1 | 265.622,6 | 86.155,3  | 88.777,2 | 38.066,3  | 26.526,9  |           |
| 3  | Dämmung   | 44.182,7    | 1,2%   |           |           |           | 3.176,9  |           |           |           |           | 11.587,5 | 8.705,3   | 20.713,0  |           |
| 4  |           |             |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5  | Glas      | 89.924,9    | 2,4%   |           |           |           |          |           | 53.546,7  |           |           | 36.378,2 |           |           |           |
| Σ= |           | 3.778.308,0 | 100,0% | 517.463,5 | 518.495,5 | 950.784,9 | 47.725,5 | 179.250,1 | 124.929,1 | 321.366,8 | 257.278,6 | 74.444,4 | 136.464,9 | 204.782,9 | 115.838,1 |
| S  |           | 3.778.308,0 |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |

Materialspezifische Verteilung - GWP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |             |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|----|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0  | Sonstiges | 1.765.689,2 | 33,6%  | 200.766,9 | 630.906,3   | 591.591,5   | 75.719,6 | 30.460,6  | 5.596,7   | 141.219,3 | 3.701,0   | 48.215,3  | 2.061,3  | 35.450,7  |           |           |
| 1  | Beton     | 2.083.346,3 | 39,6%  | 363.900,6 | 272.575,4   | 655.052,6   |          | 134.662,9 |           | 227.102,4 | 208.973,1 | 92.404,1  | 61.504,3 | 67.170,9  |           |           |
| 2  | Metall    | 1.076.796,8 | 20,5%  | 146.145,5 | 108.527,8   | 254.412,2   | 5.525,8  | 58.491,2  | 69.719,8  | 74.118,7  | 90.422,4  | 93.174,0  | 15.370,4 | 36.366,7  |           |           |
| 3  | Dämmung   | 91.864,8    | 1,7%   |           |             |             | 9.504,6  |           |           |           |           | 23.476,1  | 17.936,8 | 40.947,3  |           |           |
| 4  |           |             |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5  | Glas      | 242.133,0   | 4,6%   |           |             |             |          |           | 166.899,2 |           |           | 75.233,7  |          |           |           |           |
| Σ= |           | 5.259.820,1 | 100,0% | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9 | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1 | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
| S  |           | 5.259.820,1 |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                              |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                           | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo8                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo4                        | ZZwo10                       | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrün) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                      | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                            | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                           |                              |                              |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                        | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                  | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg                                   |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                            | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                           |                              |                              |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,26E-01 | 70,5%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 1,91E-03 | 1,1%   |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 2,09E-02 | 11,7%  |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 8,59E-03 | 4,8%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 8,61E-03 | 4,8%   |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 5,55E-04 | 0,3%   |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 6,88E-04 | 0,4%   | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 36 | 4,04E-03 | 2,3%   |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |
| 37 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 6,60E-04 | 0,4%   | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 6,89E-03 | 3,9%   | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |          | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 1) 1,65E-05 pro NGF alle Bte: 1,8384E-05 89,6% 1)

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,29E-01 | 71%    | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 3,38E-03 | 2%     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 1,04E-02 | 6%     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 6,76E-03 | 4%     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 6,05E-03 | 3%     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 8,15E-04 | 0%     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 1,34E-03 | 1%     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     | 0,0 |
| 36 | 8,68E-03 | 5%     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 37 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 1,02E-03 | 1%     | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 1,35E-02 | 7%     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |          | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 1) 1,67E-05 pro NGF alle Bte: 1,8545E-05 90,1%

Materialspezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0 | 6,9%   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0 | 25,3%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1 | 64,4%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0 | 1,0%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0 | 2,4%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           |     | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Materialspezifische Verteilung - ODP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0 | 12,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0 | 28,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1 | 54,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0 | 1,7%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0 | 4,0%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           |     | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| Σ           |  | 15,5%                                 | 11,7%                        | 11,0%                   | 9,1%                 | 8,8%                       | 7,4%                      | 7,2%                                 | 6,8%                 | 6,8%                      | 5,4%                         | 3,9%                          | 3,7%                | 2,9%                                 |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σ Fläche 34.411,5 m²                  |                              | alle Bte 38.089,7       |                      | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σ kg        |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σ kg 22.580.781,8                     |                              | alle Bte 24.331.789     |                      | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG

| Spaltenbezug | U/U      | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2  | FF2   | DE8   | WA8  | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 15           | 5,28E+02 | 51,5% | 90,2  | 67,8  | 161,2 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 21           | 2,53E+01 | 2,5%  |       |       |       | 34,7 |      |       | 56,5  | 54,5 |      | 22,9 | 15,2 | 23,0 |      |
| 24           | 1,43E+02 | 14,0% |       |       |       |      |      | 143,2 | 12,9  |      |      | 12,3 |      |      |      |
| 25           | 5,91E+01 | 5,8%  |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      | 59,1 |      |      |
| 26           | 5,70E+01 | 5,6%  |       |       |       |      | 57,0 |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 31           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 32           | 1,84E+01 | 1,8%  |       |       |       | 18,4 |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 33           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 34           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 35           | 1,40E+01 | 1,4%  | 11,8  |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      | 2,2  |      |
| 36           | 4,30E+01 | 4,2%  |       |       |       | 12,2 |      |       |       |      | 30,8 |      |      |      |      |
| 37           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 38           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 39           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 40           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 41           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 42           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 43           | 1,03E+02 | 10,1% | 0,3   | 52,8  | 49,5  | 0,4  | 0,2  |       |       | 0,1  |      | 0,1  | 0,1  |      |      |
| 44           | 3,26E+01 | 3,2%  | 27,5  |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      | 5,1  |      |
| 45           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 46           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 47           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 48           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| Σ =          | 100,0%   |       | 129,8 | 120,6 | 210,7 | 12,6 | 53,3 | 57,0  | 143,2 | 69,4 | 54,6 | 30,8 | 35,3 | 74,4 | 30,2 |

S 1,02E+03 2,44E-02 2,99E-02 5,57E-02 4,02E-03 1,75E-02 5,26E-02 5,78E-02 2,95E-02 2,41E-02 1,66E-02 2,61E-02 5,90E-02 3,08E-02

1) 9,41E-02 pro NGF alle Bte: 1,05E-01 89,4%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- 50a

| Spaltenbezug | U/U      | DE7 | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2   | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|--------------|----------|-----|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 15           | 8,01E+02 | 52% | 137,3 | 103,5 | 245,5 |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 21           | 5,46E+01 | 4%  |       |       |       | 52,4 |       |      | 86,2 | 81,9  |      | 34,9 | 23,2 | 36,7 |      |
| 24           | 8,21E+01 | 5%  |       |       |       |      |       | 82,1 | 27,9 |       |      | 26,8 |      |      |      |
| 25           | 3,99E+01 | 3%  |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      | 39,9 |      |      |
| 26           | 3,30E+01 | 2%  |       |       |       |      | 33,0  |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 31           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 32           | 6,88E+01 | 4%  |       |       |       | 68,8 |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 33           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 34           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 35           | 2,81E+01 | 2%  | 23,7  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 4,4  |      |
| 36           | 4,89E+01 | 3%  |       |       |       | 15,6 |       |      |      |       | 33,3 |      |      |      |      |
| 37           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 38           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 39           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 40           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 41           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 42           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 43           | 3,18E+02 | 21% | 1,2   | 160,5 | 150,5 | 1,5  | 0,7   |      |      | 0,5   |      | 0,3  | 0,3  |      |      |
| 44           | 6,41E+01 | 4%  | 54,2  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 10,0 |      |
| 45           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 46           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 47           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 48           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| Σ =          | 100,0%   |     | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1 | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |

S 1,54E+03 4,06E-02 6,54E-02 1,05E-01 5,44E-03 4,00E-02 3,04E-02 3,32E-02 4,85E-02 3,64E-02 1,80E-02 4,58E-02 5,03E-02 5,20E-02

1) 1,42E-01 pro NGF alle Bte: 1,53E-01 92,7%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Materialspezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG

|     |           | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2  | FF2  | DE8   | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0   | Sonstiges | 192,2 | 18,8% | 36,4  | 52,8  | 49,5 | 5,6  | 18,6 | 1,1   | 12,9  | 0,1  | 8,3  | 0,1  | 6,7  |      |
| 1   | Beton     | 308,3 | 30,2% | 54,0  | 40,3  | 96,8 |      | 19,9 |       | 33,6  | 30,9 | 13,7 | 9,1  | 10,0 |      |
| 2   | Metall    | 472,3 | 46,2% | 39,4  | 27,5  | 64,4 | 6,0  | 14,8 | 57,0  | 121,2 | 22,9 | 23,6 | 16,6 | 9,2  |      |
| 3   | Dämmung   | 14,3  | 1,4%  |       |       |      | 1,0  |      |       |       |      |      | 4,1  | 2,8  |      |
| 4   |           |       |       |       |       |      |      |      |       |       |      |      |      | 6,3  |      |
| 5   | Glas      | 35,0  | 3,4%  |       |       |      |      |      | 20,8  |       |      | 14,2 |      |      |      |
| Σ = | 100,0%    |       | 129,8 | 120,6 | 210,7 | 12,6 | 53,3 | 57,0 | 143,2 | 69,4  | 54,6 | 30,8 | 35,3 | 74,4 | 30,2 |

Materialspezifische Verteilung - POCP --- 50 a

|     |           | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2   | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|-----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 0   | Sonstiges | 536,2 | 34,9% | 78,3  | 160,5 | 150,5 | 13,2  | 69,5 | 2,4  | 27,9  | 0,5  | 18,9 | 0,3  | 14,2 |      |
| 1   | Beton     | 573,0 | 37,3% | 100,1 | 75,2  | 179,3 |       | 37,2 |      | 62,7  | 57,7 | 25,4 | 16,9 | 18,5 |      |
| 2   | Metall    | 326,7 | 21,3% | 36,1  | 28,2  | 66,1  | 1,7   | 15,2 | 33,0 | 35,1  | 23,5 | 24,2 | 4,6  | 7,0  |      |
| 3   | Dämmung   | 27,5  | 1,8%  |       |       |       | 2,2   |      |      |       |      |      | 8,2  | 5,7  |      |
| 4   |           |       |       |       |       |       |       |      |      |       |      |      |      | 11,4 |      |
| 5   | Glas      | 73,4  | 4,8%  |       |       |       |       |      | 44,7 |       |      | 28,7 |      |      |      |
| Σ = | 100,0%    |       | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1  | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |

1,022,0 1,022,0 1,536,7 1,536,7

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09   | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                                       |                              | Spezialbauteile         |                      |                      | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                          |                      | Spezialbauteile           |                              |                               | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                                   |       | Spezialbauteile |  |  |
|--|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------|--|--|
|  | 1                                    | 2 <sup>1)</sup>                       | 3                            | 4                       | 5                    | 6                    | 7                                    | 8                        | 9 <sup>1)</sup>      | 10                        | 11                           | 12                            | 13                                   |                                   |       |                 |  |  |
|  | BT-Name                              | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG            | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung                  | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller |       |                 |  |  |
|  | Fläche                               | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                              | 2.476,1                  | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0                              | 982,9                             |       |                 |  |  |
|  | alle 13 Bte                          | 34.411,5 m²                           |                              | 38.089,7                |                      |                      | 90,34%                               |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
|  | kg/Flä                               | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                                  | 30,3                     | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0                                | 805,0                             |       |                 |  |  |
|  | Σkg                                  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                              | 75.087,3                 | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0                            | 791.231,3                         |       |                 |  |  |
|  | alle 13 Bte                          | 22.580.781,8                          |                              | 24.331.789              |                      |                      | 92,80%                               |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
|  | Spaltenbezug                         | VV                                    | DE7                          | DE9                     | BoPL2                | WA5                  | WA6                                  | SS2                      | FF2                  | DE8                       | WA8                          | WA4                           | DE6                                  | WA7                               | DE5   |                 |  |  |
| 15   |                                      | 36,6%                                 | 746,4                        | 559,8                   | 1.340,3              |                      | 283,9                                |                          |                      | 466,4                     | 444,2                        |                               | 189,5                                | 128,1                             | 217,0 |                 |  |  |
| 21   |                                      | 24,7%                                 |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      | 2.147,2                   |                              |                               | 805,7                                |                                   |       |                 |  |  |
| 24   |                                      | 12,7%                                 |                              |                         |                      |                      |                                      |                          | 1.519,4              |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 25   |                                      | 5,1%                                  |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      | 604,7                             |       |                 |  |  |
| 26   |                                      | 4,7%                                  |                              |                         |                      |                      |                                      | 561,1                    |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 31   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 32   |                                      | 0,5%                                  |                              |                         |                      |                      | 56,4                                 |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 33   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 34   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 35   |                                      | 1,1%                                  | 110,7                        |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   | 20,4  |                 |  |  |
| 36   |                                      | 3,6%                                  |                              |                         |                      | 110,3                |                                      |                          |                      |                           |                              | 323,6                         |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 37   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 38   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 39   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 40   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 41   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 42   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 43   |                                      | 8,7%                                  | 5,9                          | 524,5                   | 491,8                | 7,0                  | 3,4                                  |                          |                      | 2,5                       |                              |                               | 1,5                                  | 1,4                               |       |                 |  |  |
| 44   |                                      | 2,4%                                  | 244,3                        |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   | 45,1  |                 |  |  |
| 45   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 46   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 47   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| 48   |                                      |                                       |                              |                         |                      |                      |                                      |                          |                      |                           |                              |                               |                                      |                                   |       |                 |  |  |
| S  |                                      | 100,0%                                | 1.107,2                      | 1.084,3                 | 1.832,1              | 117,3                | 343,7                                | 561,1                    | 1.519,4              | 2.613,6                   | 446,7                        | 323,6                         | 996,7                                | 732,2                             | 282,6 |                 |  |  |

1) 1,1 pro NGF alle Btle: 1,20 91,8%

| Gewerkespezifische Verteilung - AP --- 50a |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
|--|--------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--|
| Spaltenbezug                               | VV     | DE7     | DE9     | BoPL2   | WA5   | WA6   | SS2   | FF2   | DE8     | WA8   | WA4   | DE6     | WA7   | DE5   |  |
| 15   | 33%    | 1.049,9 | 789,8   | 1.888,0 |       | 398,0 |       |       | 658,0   | 621,4 |       | 266,6   | 177,4 | 352,3 |  |
| 21   | 32%    |         |         |         |       |       |       |       | 4.330,5 |       |       | 1.641,9 |       |       |  |
| 24   | 5%     |         |         |         |       |       |       | 990,3 |         |       |       |         |       |       |  |
| 25   | 2%     |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         | 342,4 |       |  |
| 26   | 1%     |         |         |         |       |       | 216,7 |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 31   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 32   | 1%     |         |         |         |       | 173,3 |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 33   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 34   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 35   | 1%     | 224,6   |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       | 41,5  |  |
| 36   | 3%     |         |         |         | 177,5 |       |       |       |         |       | 469,1 |         |       |       |  |
| 37   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 38   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 39   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 40   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 41   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 42   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 43   | 18%    | 24,2    | 1.646,4 | 1.543,8 | 28,5  | 13,8  |       |       | 10,3    |       |       | 6,2     | 5,7   |       |  |
| 44   | 3%     | 517,0   |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       | 95,4  |  |
| 45   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 46   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 47   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| 48   |        |         |         |         |       |       |       |       |         |       |       |         |       |       |  |
| S  | 100,0% | 1.815,7 | 2.436,2 | 3.431,9 | 206,1 | 585,1 | 216,7 | 990,3 | 4.988,5 | 631,7 | 469,1 | 1.914,6 | 525,6 | 489,1 |  |

1) 1,7 pro NGF alle Btle: 1,82 94,4%

| Materialspezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG |           |         |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
|---|-----------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   |           | DE7     | DE9     | BoPL2   | WA5     | WA6   | SS2   | FF2   | DE8     | WA8     | WA4   | DE6   | WA7   | DE5   |       |
| 0   | Sonstiges | 4.481,3 | 340,9   | 524,5   | 491,8   | 64,4  | 59,8  | 4,5   | 2.147,2 | 2,5     |       | 782,5 | 1,4   | 61,8  |       |
| 1   | Beton     | 3.037,2 | 530,8   | 396,5   | 957,4   |       | 195,9 |       | 330,3   | 304,0   |       | 134,8 | 89,7  | 98,0  |       |
| 2   | Metall    | 3.740,7 | 235,6   | 163,4   | 382,9   | 37,7  | 88,0  | 561,1 | 1.193,1 | 136,1   | 140,2 | 54,7  | 599,4 | 43,5  |       |
| 3   | Dämmung   | 160,9   |         |         |         | 15,2  |       |       |         |         |       | 24,7  | 41,7  | 79,3  |       |
| 4   |           |         |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |
| 5   | Glas      | 540,5   |         |         |         |       |       | 321,9 |         |         |       | 218,7 |       |       |       |
| S   |           | 100,0%  | 1.107,2 | 1.084,3 | 1.832,1 | 117,3 | 343,7 | 561,1 | 1.519,4 | 2.613,6 | 446,7 | 323,6 | 996,7 | 732,2 | 282,6 |

11.960,7  
11.960,7

| Materialspezifische Verteilung - AP --- 50 a |           |          |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
|--|-----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|
|  |           | DE7      | DE9     | BoPL2   | WA5     | WA6   | SS2   | FF2   | DE8     | WA8     | WA4   | DE6     | WA7     | DE5   |       |
| 0  | Sonstiges | 10.390,1 | 760,6   | 1.646,4 | 1.543,8 | 160,4 | 187,1 | 11,1  | 4.330,5 | 10,3    |       | 1.598,1 | 5,7     | 135,9 |       |
| 1  | Beton     | 4.709,7  | 821,1   | 616,4   | 1.481,6 |       | 304,5 |       | 513,6   | 472,6   |       | 208,5   | 138,8   | 151,6 |       |
| 2  | Metall    | 2.082,1  | 233,9   | 173,4   | 406,4   | 9,7   | 93,4  | 216,7 | 230,4   | 144,4   | 148,8 | 27,0    | 58,1    | 296,6 |       |
| 3  | Dämmung   | 328,8    |         |         |         | 36,0  |       |       |         |         |       | 49,9    | 84,5    | 158,5 |       |
| 4  |           |          |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 5  | Glas      | 1.191,0  |         |         |         |       |       | 748,9 |         |         |       | 442,2   |         |       |       |
| S  |           | 100,0%   | 1.815,7 | 2.436,2 | 3.431,9 | 206,1 | 585,1 | 216,7 | 990,3   | 4.988,5 | 631,7 | 469,1   | 1.914,6 | 525,6 | 489,1 |

18.700,7  
18.700,7

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                    | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | 20                      | 21                   | 22                   | 23                        | 24                                   | 25                   | 26                        | 27                           | 28                            | 29                  | 30                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                      | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg                                   |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                      | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | W/W | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|----------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 15 | 5,31E+02 | 53,7%  | 91,1  | 68,2  | 164,1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 21 | 8,94E+00 | 0,9%   |       |       |       | 34,2 |      |      | 56,8 | 53,4 |      | 23,1 | 15,4 | 25,1 |      |
| 24 | 9,35E+01 | 9,4%   |       |       |       |      |      | 93,5 | 4,9  |      | 4,0  |      |      |      |      |
| 25 | 2,57E+01 | 2,6%   |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 25,7 |      |      |
| 26 | 2,19E+01 | 2,1%   |       |       |       |      | 21,3 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 31 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 32 | 3,19E+00 | 0,3%   |       |       |       | 3,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 33 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 34 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 35 | 1,64E+01 | 1,7%   | 13,9  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,6  |      |
| 36 | 5,65E+01 | 5,7%   |       |       |       | 14,0 |      |      |      |      | 42,5 |      |      |      |      |
| 37 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 38 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 39 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 40 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 41 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 42 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 43 | 2,02E+02 | 20,4%  | 1,2   | 102,1 | 95,7  | 1,4  | 0,7  |      |      | 0,5  |      | 0,3  | 0,3  |      |      |
| 44 | 3,07E+01 | 3,1%   | 25,9  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 4,8  |      |
| 45 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 46 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 47 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 48 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Σ= |          | 100,0% | 132,1 | 170,3 | 259,8 | 15,4 | 38,1 | 21,3 | 93,5 | 61,8 | 53,9 | 42,5 | 27,4 | 41,4 | 32,4 |

S 9,90E+02 2,48E-02 4,22E-02 6,67E-02 4,92E-03 1,25E-02 1,96E-02 3,77E-02 2,62E-02 2,38E-02 2,29E-02 2,03E-02 3,29E-02 3,30E-02

9,90E+02 2,48E-02 4,22E-02 6,67E-02 4,92E-03 1,25E-02 1,96E-02 3,77E-02 2,62E-02 2,38E-02 2,29E-02 2,03E-02 3,29E-02 3,30E-02

1) 9,12E-02 pro NGF alle Btle: 1,00E-01 90,9%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Gewerkespezifische Verteilung - EP --- 50a

| Spaltenbezug | W/W | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
|----|----------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 15 | 8,76E+02 | 43%    | 146,9 | 110,5 | 275,4 | 55,8 |      |       | 92,1  | 87,2  |      | 37,3 | 24,8 | 46,4 |      |
| 21 | 5,46E+01 | 3%     |       |       |       |      |      |       | 15,4  |       |      | 39,2 |      |      |      |
| 24 | 1,22E+02 | 6%     |       |       |       |      |      | 122,2 |       |       |      |      |      |      |      |
| 25 | 1,93E+01 | 1%     |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      | 19,3 |      |      |
| 26 | 7,92E+00 | 0%     |       |       |       |      | 7,9  |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 31 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 32 | 1,65E+01 | 1%     |       |       |       | 16,5 |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 33 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 34 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 35 | 3,35E+01 | 2%     | 28,3  |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      | 5,2  |      |
| 36 | 1,21E+02 | 6%     |       |       | 46,7  |      |      |       |       |       | 74,6 |      |      |      |      |
| 37 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 38 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 39 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 40 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 41 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 42 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 43 | 6,36E+02 | 31%    | 5,5   | 318,0 | 298,2 | 6,4  | 3,1  |       |       | 2,3   |      | 1,4  | 1,3  |      |      |
| 44 | 1,59E+02 | 8%     | 134,6 |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      | 24,8 |      |
| 45 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 46 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 47 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 48 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| Σ= |          | 100,0% | 315,2 | 428,5 | 573,5 | 53,1 | 75,4 | 7,9   | 122,2 | 107,5 | 89,5 | 74,6 | 77,9 | 45,4 | 76,5 |

S 2,05E+03 5,92E-02 1,06E-01 1,52E-01 1,69E-02 2,48E-02 7,31E-03 4,93E-02 4,57E-02 3,96E-02 4,02E-02 5,76E-02 3,61E-02 7,78E-02

2,05E+03 5,92E-02 1,06E-01 1,52E-01 1,69E-02 2,48E-02 7,31E-03 4,93E-02 4,57E-02 3,96E-02 4,02E-02 5,76E-02 3,61E-02 7,78E-02

1) 1,89E-01 pro NGF alle Btle: 2,04E-01 92,3%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Materialspezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 265,9  | 26,9% | 39,1  | 102,1 | 95,7  | 10,3 | 3,9  | 0,4  | 4,9  | 0,5  | 1,7  | 0,3  | 7,0  |      |
| 1  | Beton     | 427,7  | 43,2% | 74,7  | 55,8  | 135,0 |      | 27,6 |      | 46,5 | 42,8 | 19,0 | 12,6 | 13,8 |      |
| 2  | Metall    | 199,0  | 20,1% | 18,3  | 12,4  | 29,1  | 3,6  | 6,7  | 21,3 | 45,2 | 10,3 | 4,2  | 24,1 | 3,4  |      |
| 3  | Dämmung   | 16,8   | 1,7%  |       |       |       | 1,6  |      |      |      |      | 2,6  | 4,4  | 8,3  |      |
| 4  |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5  | Glas      | 80,4   | 8,1%  |       |       |       |      |      | 47,9 |      |      | 32,5 |      |      |      |
| Σ= |           | 100,0% | 132,1 | 170,3 | 259,8 | 15,4  | 38,1 | 21,3 | 93,5 | 61,8 | 53,9 | 42,5 | 27,4 | 41,4 | 32,4 |

989,9 989,9

Materialspezifische Verteilung - EP --- 50 a

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
|----|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 936,3  | 45,7% | 167,8 | 318,0 | 298,2 | 48,0 | 19,6 | 1,1   | 15,4  | 2,3  | 34,6 | 1,3  | 30,0 |      |
| 1  | Beton     | 653,5  | 31,9% | 112,0 | 84,1  | 213,4 |      | 41,5 |       | 70,0  | 64,4 | 28,4 | 18,9 | 20,7 |      |
| 2  | Metall    | 233,4  | 11,4% | 35,4  | 26,4  | 62,0  | 1,0  | 14,3 | 7,9   | 8,4   | 22,7 | 8,9  | 15,0 | 6,5  |      |
| 3  | Dämmung   | 39,6   | 1,9%  |       |       |       | 4,1  |      |       |       |      | 6,0  | 10,2 | 19,3 |      |
| 4  |           |        |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
| 5  | Glas      | 184,5  | 9,0%  |       |       |       |      |      | 112,6 |       |      | 71,9 |      |      |      |
| Σ= |           | 100,0% | 315,2 | 428,5 | 573,5 | 53,1  | 75,4 | 7,9  | 122,2 | 107,5 | 89,5 | 74,6 | 77,9 | 45,4 | 76,5 |

2.047,2 2.047,2

2.047,2

**Anlage 5:** *Züblinhaus – Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Auszug aus Ökologische Bilanzierung der Ed. Züblin AG  
– Version 2 mit Epoxidharzbeschichtung OS 11 und Teppichkleber

Anlage enthält **6** Seiten



**BV: Züblinhaus in Stuttgart -- VARIANTE 2**

**Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion**

ZT-SFB

2009-01-16 / Herr Deuschler + 31.8.09

| Nr | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                               | Mengen  | Einheit | Bemerkungen  |
|----|---------------|--|---------|---------|--|
|    |               | Info   |         |         | Info   |
| 1  | FD1           | Flachdach Terrassen über 03./05. OG                | 703,78  | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37       |
| 2  | FD2           | Galerie über 05.OG Innenhof                        | 256,21  | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37       |
| 3  | FD3           | Steildach über 06.OG Technik-Raum                  | 897,84  | m2      | ohne Haften  |
| 4  | FDF4          | Glasdach/ Giebelwand Halle                         | 3495,83 | m2      | Türelemente wurden übermessen  |
| 5  | FF1           | Fenster Fassade Holz                               | 3571,66 | m2      |  |
| 6  | FF2           | Fenster Fassade Aluminium                          | 342,33  | m2      | davon mit Isolierglas: 73,5 m <sup>2</sup><br>davon mit Drahtglas: 268,83m <sup>2</sup>    |
| 7  | FF3           | Sonnenschutzelemente                               | 2708,93 | m2      |  |
| 8  | Türen1        | Türen mit Drahtglasfüllung; Innenhof und Bürotüren | 1347,88 | m2      | davon Türen aus Stahl: 114,48m <sup>2</sup><br>davon Türen auf Holz: 1233,40m <sup>2</sup> |
| 9  | Türen2        | Stahltüren 01.-02.UG                               | 309,96  | m2      |  |
| 10 | AW1           | Außenwand zweischalig Brüstung unter Fensterband   | 2355,86 | m2      |  |
| 11 | AW2           | Außenwand zweischalig Stirnseite Gebäude           | 641,45  | m2      |  |
| 12 | AW3           | Pfeiler Innendämmung                               | 1701,96 | m2      |  |
| 13 | AW4           | Besprechungstürme innen gedämmt                    | 82,98   | m2      |  |
| 14 | AW5           | Paneel Innenhof                                    | 232,60  | m2      |  |
| 15 | AWE1          | Außenwand gegen Erdreich                           | 1136,99 | m2      |  |
| 16 | AWE2          | Außenwand gegen Erdreich gedämmt                   | 591,81  | m2      |  |
| 17 | BoPI1         | Bodenplatte gegen Erdreich/Tiefgarage              | 2373,28 | m2      |  |
| 18 | BoPI2         | Bodenplatte gegen Erdreich gedämmt                 | 2064,36 | m2      |  |
| 19 | FuD1          | Decke über 06.OG gegen Technikdach                 | 1299,65 | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37       |
| 20 | FuD2          | Decke EG gegen unbehzt.                            | 3739,56 | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45                               |

**BV: Züblinhaus in Stuttgart -- VARIANTE 2**

**Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion**

ZT-SFB

2009-01-16 / Herr Deuscher + 31.8.09

| Nr | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung              | Mengen   | Einheit | Bemerkungen  |
|----|---------------|-----------------------------------|----------|---------|--|
|    |               | Keller                            |          |         | 5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37                                     |
| 21 | <b>FuD3</b>   | Boden Kantine gegen 02.UG         | 600,01   | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37 |
| 22 | <b>FuD4</b>   | Innendecke mit Teppichboden       | 10029,66 | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37 |
| 23 | <b>FuD5</b>   | Innendecke Tiefgarage mit Rampe   | 1539,53  | m2      |  |
| 24 | <b>FuD6</b>   | Verbindungsstege Block A-B        | 530,30   | m2      |  |
| 25 | <b>FuD7</b>   | Boden Innenhof gegen Tiefgarage   | 1757,94  | m2      | Betondecke aus zwei Komponenten:<br>5cm Filigrandecke C35/45<br>11cm Ortbeton C30/37 |
| 26 | <b>FuW1</b>   | Wand gegen unbeheizt Innendämmung | 516,89   | m2      |  |
| 27 | <b>FuW2</b>   | Innenwand massiv                  | 5446,63  | m2      | Kalksandsteinwände wurden wegen zu geringer Menge übermessen und hierzu dazugezählt  |
| 28 | <b>FuW3</b>   | leichte Trennwand Gipskarton W112 | 13452,32 | m2      | Türen siehe Türen1   |
| 29 | <b>Beton1</b> | Betonfertigteile                  | 1,000    | Stück   | Einzelheiten siehe BT-Katalog  |
| 30 | <b>SA1</b>    | Schlosserarbeiten/ Stahlbau       | 1,000    | Stück   | Einzelheiten siehe BT-Katalog  |
| 31 |               |                                   |          |         |  |
| 32 |               |                                   |          |         |  |

notwendige Zeilen einblenden !!!





Projekt: Züblinhaus in Stuttgart - VARIANTE 2 Hinweise für Anwendung

INFO EOL ende

Stand: 2009-xx-xx / ErstellerIn

ZT - SFB

Main data table with columns for Bauteilaufbauten, Bezugsdaten für Ökobilanzierung, Ökodaten aus Datenbanken (H+I), and projectspez. Ökodaten des entspr. Gewerks o. Bezugsgröße. Includes sub-tables for FD1, FD2, FD3, FDF4, and SA1.



Projekt: **Züblinhaus in Stuttgart – VARIANTE 2** Hinweise für Anwendung

INFO EOL ende

Stand: **2009-xx-xx / ErstellerIn**

ZT - SFB

| Bauteilaufbauten                 |    |        |                            | Bezugsdaten für Okobianzierung |                           |  |                    | Okodaten aus Datenbanken (H+I)            |  |              |                |                               |                      |                  | projektspez. Okodaten des entspr. Gewerks o. Bezugsgröße! |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|----------------------------------|----|--------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|--|--------------------|---|--|--------------|----------------|-------------------------------|----------------------|------------------|---|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--|--|--|--|
| zur Gesamtsumme                  |    |        |                            | Bezugsquellen Ökobau.dat 2010  |                           |  |                    | Kriteriensteckbrief des DGNB laufende Nr. |  |              |                |                               |                      |                  | Herstellung   |                  |                  |                 |                 |                   | Instandhaltung   |                  |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
| ld. Nr.                          | Z1 | Bl.Nr. | Nr. Bauteilschicht lt. BTK | Bauteil                        | Betrachtungszeitraum in a | mittlere Lebenserwartung <sup>1)</sup> | Faktor Herstellung | rech. Faktor Instandhaltung               | abs. Faktor Instandhaltung mit Bezug auf Bauteilaufbau | Bauteilmenge | Einheit        | Basisname lt. Ökobau.dat 2010 | Einheit              | PE <sub>10</sub> | PE <sub>11</sub>  | GWP <sub>1</sub> | ODP <sub>1</sub> | AP <sub>1</sub> | EP <sub>1</sub> | POCP <sub>1</sub> | PE <sub>10</sub> | PE <sub>11</sub> | GWP <sub>1</sub> | ODP <sub>1</sub> | AP <sub>1</sub> | EP <sub>1</sub> | POCP <sub>1</sub> | PE <sub>10</sub> | PE <sub>11</sub> | GWP <sub>1</sub> | ODP <sub>1</sub> | AP <sub>1</sub> | EP <sub>1</sub> | POCP <sub>1</sub> |  |  |  |  |
| Ökodat.bau 2010, Stand Dez. 2008 |    |        |                            |                                |                           |  |                    |   |  |              |                |                               | pro Einheit Baustoff |                  |   |                  |                  |                 |                 | o. Bezugsgröße    |                  |                  |                  |                  |                 | o. Bezugsgröße  |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  |    |        |                            |                                |                           |  |                    |   |  |              |                |                               | Σ =                  | Σ =              | 3.716.199   |                  |                  |                 |                 |                   | 0                |                  |                  |                  |                 |                 | 0                 |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
| 31                               |    |        |                            | Beton1                         |                           |  |                    |   |  | 1,0          | Stück          |                               |                      |                  |   |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
| 67                               |    |        |                            | Weiterführung zu Nr. 29        |                           |  |                    |   |  |              |                |                               |                      |                  |   |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |                  |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
| 0                                | 16 | 1      | 16                         | Beton C30/37 Fundamente        | 1                         |  |                    |   |  | 1.815,4      | m <sup>3</sup> | H.4.1 Beton C30/37            | Volumen              | 1196,000         | 22,500  | 237,100          | 6,29E-06         | 4,15E-01        | 5,82E-02        | 4,27E-02          | 2,171,269        | 40,847           | 430,441          | 1,14E-02         | 753,41          | 105,66          | 77,52             | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  | 16 | 2      | 32                         | Bewehrungsstahl Fundamente     | 1                         |  |                    |   |  | 99.821,9     | kg             | H.4.1.2 Bewehrungsstahl       | Masse                | 11,293           | 0,898   | 0,795            | 7,14E-03         | 1,49E-03        | 1,26E-04        | 2,49E-04          | 1,127,267        | 89,421           | 79,345           | 7,12E-03         | 149,04          | 12,57           | 24,88             | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  | 16 | 1      | 16                         | Beton C45/55 3-Gelenkrahmen    | 1                         |  |                    |   |  | 67,1         | m <sup>3</sup> | H.4.1 Beton C30/37            | Volumen              | 1196,000         | 22,500  | 237,100          | 6,29E-06         | 4,15E-01        | 5,82E-02        | 4,27E-02          | 80,193           | 1,509            | 15,898           | 4,22E-04         | 27,83           | 3,90            | 2,88              | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  | 16 | 2      | 32                         | Bewehrungsstahl 3-Gelenkrahmen | 1                         |  |                    |   |  | 20.659,1     | kg             | H.4.1.2 Bewehrungsstahl       | Masse                | 11,293           | 0,898   | 0,795            | 7,14E-03         | 1,49E-03        | 1,26E-04        | 2,49E-04          | 233,298          | 18,507           | 16,421           | 1,47E-03         | 30,84           | 2,60            | 5,15              | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  | 16 | 1      | 16                         | Beton C35/45 Mitteltürme       | 1                         |  |                    |   |  | 41,1         | m <sup>3</sup> | H.4.1 Beton C30/37            | Volumen              | 1196,000         | 22,500  | 237,100          | 6,29E-06         | 4,15E-01        | 5,82E-02        | 4,27E-02          | 48,102           | 924              | 9,734            | 2,58E-04         | 17,04           | 2,39            | 1,75              | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |
|                                  | 16 | 2      | 32                         | Bewehrungsstahl Mitteltürme    | 1                         |  |                    |   |  | 4.876,6      | kg             | H.4.1.2 Bewehrungsstahl       | Masse                | 11,293           | 0,898   | 0,795            | 7,14E-03         | 1,49E-03        | 1,26E-04        | 2,49E-04          | 55,070           | 4,368            | 3,876            | 3,48E-04         | 7,28            | 0,61            | 1,21              | 0                |                  |                  |                  |                 |                 |                   |  |  |  |  |

|            |  |  |  |                           |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |        |                                 |  |  |  |  |  |       |                                 |  |  |  |  |  |       |                                 |  |  |  |  |  |            |                                 |  |  |  |  |  |           |                                 |  |  |  |  |  |           |                                 |  |  |  |  |  |   |                                 |  |  |  |  |        |  |       |  |  |  |  |       |  |       |  |  |  |  |       |  |     |  |  |  |  |  |  |
|------------|--|--|--|---------------------------|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|--|--------|---------------------------------|--|--|--|--|--|-------|---------------------------------|--|--|--|--|--|-------|---------------------------------|--|--|--|--|--|------------|---------------------------------|--|--|--|--|--|-----------|---------------------------------|--|--|--|--|--|-----------|---------------------------------|--|--|--|--|--|---|---------------------------------|--|--|--|--|--------|--|-------|--|--|--|--|-------|--|-------|--|--|--|--|-------|--|-----|--|--|--|--|--|--|
| zum Anfang |  |  |  | Gesamtsummen KGR300 (H+I) |  |  |  | Σ =                             |  |  |  |  |  |  | Σ =                             |  |  |  |  |  | Σ =                             |  |  |  |  |  |  |                                 |  |  |  |  |  |        |                                 |  |  |  |  |  |       |                                 |  |  |  |  |  |       |                                 |  |  |  |  |  |            |                                 |  |  |  |  |  |           |                                 |  |  |  |  |  |           |                                 |  |  |  |  |  |   |                                 |  |  |  |  |        |  |       |  |  |  |  |       |  |       |  |  |  |  |       |  |     |  |  |  |  |  |  |
|            |  |  |  |                           |  |  |  | 49.218.262                      |  |  |  |  |  |  | 4.430.850                       |  |  |  |  |  | 4.246.794                       |  |  |  |  |  |  | 1.802E-01                       |  |  |  |  |  |        | 10.208                          |  |  |  |  |  |       | 1.298                           |  |  |  |  |  |       | 1.185                           |  |  |  |  |  |            | 48.082.207                      |  |  |  |  |  |           | 3.122.683                       |  |  |  |  |  |           | *****                           |  |  |  |  |  |   | 9,15E-02                        |  |  |  |  |        |  | 7,396 |  |  |  |  |       |  | 1,043 |  |  |  |  |       |  | 853 |  |  |  |  |  |  |
|            |  |  |  |                           |  |  |  | 97.300.469                      |  |  |  |  |  |  | 7.553.532                       |  |  |  |  |  | 6.449.691                       |  |  |  |  |  |  | 2,72E-01                        |  |  |  |  |  | 17.605 |                                 |  |  |  |  |  | 2.341 |                                 |  |  |  |  |  | 2.038 |                                 |  |  |  |  |  | 82.594.662 |                                 |  |  |  |  |  | 6.324.154 |                                 |  |  |  |  |  | 7.738.903 |                                 |  |  |  |  |  | 0 |                                 |  |  |  |  | 18.116 |  |       |  |  |  |  | 4.799 |  |       |  |  |  |  | 1.950 |  |     |  |  |  |  |  |  |
|            |  |  |  |                           |  |  |  | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |  | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |  | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |        | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |       | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |       | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |            | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |           | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |           | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |  |   | nicht alle Baustoffe bilanziert |  |  |  |  |        |  |       |  |  |  |  |       |  |       |  |  |  |  |       |  |     |  |  |  |  |  |  |

|                |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|
| Kontrollzeile: |  |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  | I.O. |  |  |  |  |  |  |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|

Mengenermittlung für Ökodatenermittlung lt. DGNB KGR300 End of Life (EOL)

Projekt: Züblinhaus in Stuttgart - VARIANTE 2

Hinweise für Anwendung

zum Spaltende 2407,4

zum Spaltanfang



Stand: 2009-xx-xx / ErstellerIn

ZT - SFB

Main data table with columns for Bauteilaufbauten, Bezugsdaten für Ökobilanzierung, Ökodaten aus Datenbanken (EOL), Herstellung (EOL), and Instandhaltung (EOL). It includes detailed material breakdowns and environmental impact calculations.



**Anlage 6:** *Züblinhaus – Projektkenndaten*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1.                   Volumen- und Gewichtsverteilung pro Gewerk | 2     |

**Anlage 6: Züblinhaus – Projektkenndaten**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

|                                 | Volumenverteilung |               | Gewichtsverteilung |               |
|---------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                 | Gesamtgebäude     |               | Gesamtgebäude      |               |
|                                 | NGF [m2]:         |               | NGF [m2]:          |               |
| Z1 - Leistungsbereich           | m <sup>3</sup>    | (%)           | t                  | (%)           |
| 11 BE                           |                   |               |                    |               |
| 12 Erdarbeiten                  |                   |               |                    |               |
| 13 Entwäss./Feucht.abd.         | 41                | 0,3%          | 23                 | 0,1%          |
| 14 Mauerarbeiten                |                   |               |                    |               |
| 15 Beton/Stahlbeton             | 4.640             | 35,7%         | 10.934             | 43,0%         |
| 16 Betonfertigteile             | 4.798             | 36,9%         | 10.915             | 42,9%         |
| 17 Zimmerer/Holzbau             | 86                | 0,7%          | 8                  | 0,0%          |
| 18 Stahlbau                     |                   |               |                    |               |
| 19 Sonst. Rohbau (Umbau ...)    |                   |               |                    |               |
| <b>10 Summe Rohbau</b>          | <b>9.565,0</b>    | <b>73,5%</b>  | <b>21.880,3</b>    | <b>86,0%</b>  |
| 21 Dachdeckung und -Dichtung    | 148               | 1,1%          | 148                | 0,6%          |
| 22 Klempner                     |                   |               |                    |               |
| 23 Dachoberlichter / RWA-Anl.   |                   |               |                    |               |
| 21-23 Außenhaut Dach            | 147,6             | 1,1%          | 148,2              | 0,6%          |
| 24 Fenster / Fassadenelemente   | 174               | 1,3%          | 260                | 1,0%          |
| 25 Fassadenverkleidung          |                   |               |                    |               |
| 26 Rolläden / Sonnenschutz      | 4                 | 0,0%          | 19                 | 0,1%          |
| 27 Außenputz                    |                   |               |                    |               |
| 28+29 Gerüstbau+ Sonst. Ausbau  |                   |               |                    |               |
| 24-29 Außenhaut Fassade         | 178,9             | 1,4%          | 278,2              | 1,1%          |
| 31 Werksteinarbeiten            |                   |               |                    |               |
| 32 Innenputzarbeiten            | 82                | 0,6%          | 147                | 0,6%          |
| 33 Estrich                      | 1.390             | 10,7%         | 1.993              | 7,8%          |
| 34 Fliesen- / Plattenarbeiten   | 26                | 0,2%          | 52                 | 0,2%          |
| 35 Bodenbeläge                  | 99                | 0,8%          | 55                 | 0,2%          |
| 36 Einbauwände                  | 1.212             | 9,3%          | 627                | 2,5%          |
| 37 Abgehängte Decken            | 183               | 1,4%          | 48                 | 0,2%          |
| 38+39 Türen / Tore + Sonstiges  | 45                | 0,3%          | 65                 | 0,3%          |
| 41 Metallbau und Schlosser      | 7                 | 0,1%          | 54                 | 0,2%          |
| 42 Tischlerarbeiten             |                   |               |                    |               |
| 43 Malerarbeiten                | 71                | 0,5%          | 105                | 0,4%          |
| 44-47 Doppel- und Hohlraumboden |                   |               |                    |               |
| 31-44 Innenausbau               | 3.115,4           | 24,0%         | 3.145,6            | 12,4%         |
| 48-49 Bauhilfsarbeiten          |                   |               |                    |               |
| <b>20-40 Summe Ausbau</b>       | <b>3.441,9</b>    | <b>26,5%</b>  | <b>3.572,0</b>     | <b>14,0%</b>  |
| <b>10-60 Summe GEBÄUDE</b>      | <b>13.007,0</b>   | <b>100,0%</b> | <b>25.452,286</b>  | <b>100,0%</b> |

**Anlage 1:** *Z-Zwo – Ökologische Bilanzierung- TU Darmstadt*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Anlage enthält **71** Seiten

# Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Z-Zwo

Projektbericht REG-Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen,  
Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Z-Zwo



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner  
Institut für Massivbau



## Forschungsbericht F08-8-2008





TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner**  
**Institut für Massivbau**

**Fachgebiet Massivbau**

Fachbereich 13  
Bauingenieurwesen  
und Geodäsie

Petersenstr. 12  
64287 Darmstadt  
Telefon (06151) 16 2144  
Telefax (06151) 16 3044  
graubner@massivbau.tu-darmstadt.de

# Forschungsbericht

## F08-8-2008

|                    |  |
|--------------------|--|
| Projekt            | <b>Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Z-Zwo</b>         |
| Berichtszeitraum   | Dezember 2008  |
| gefördert durch    | Ed. Züblin AG<br>Albstadtweg 3,<br>70567 Stuttgart         |
| ausführende Stelle | Technische Universität Darmstadt<br>Institut für Massivbau |
| Projektleitung     | Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner                        |
| Projektbearbeitung | Dipl.-Ing. Carmen Schneider                                |

Darmstadt, 10.12.2008

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner

## Inhaltsverzeichnis

### Projektbericht REG - Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen, Ökologische Bilanzierung des Gebäudes Z-Zwo

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Grundlagen der Untersuchung</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Einleitung</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Kriterien der Untersuchung</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1.4</b> | <b>Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen</b>  | <b>10</b> |
| <b>2</b>   | <b>Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Gebäude Z-Zwo</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Allgemeine Angaben zur Bilanzierung</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF</b>  | <b>14</b> |
| 2.2.1      | Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE <sub>GES</sub> )  | 14        |
| 2.2.2      | Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE <sub>NE</sub> )   | 15        |
| 2.2.3      | Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE <sub>E</sub> )  | 16        |
| 2.2.4      | Kriterium Versauerungspotenzial (AP)   | 17        |
| 2.2.5      | Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)   | 18        |
| 2.2.6      | Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)   | 19        |
| 2.2.7      | Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)  | 20        |
| 2.2.8      | Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)   | 21        |
| <b>2.3</b> | <b>Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF ohne Tiefgarage, inkl. Nutzfläche im Untergeschoss</b> | <b>23</b> |
| 2.3.1      | Kriterium Primärenergie gesamt (PE <sub>GES</sub> )  | 23        |
| 2.3.2      | Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE <sub>NE</sub> )   | 24        |
| 2.3.3      | Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE <sub>E</sub> )  | 25        |
| 2.3.4      | Kriterium Versauerungspotenzial (AP)   | 26        |
| 2.3.5      | Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)   | 27        |
| 2.3.6      | Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)   | 28        |
| 2.3.7      | Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)  | 29        |
| 2.3.8      | Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)   | 30        |
| <b>3</b>   | <b>Ökologische Wirkung nach Bauteilen</b>  | <b>32</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Deckenbauteile</b>  | <b>32</b> |
| 3.1.1      | Z-Zwo ABL1 Decke gegen AL  | 32        |
| 3.1.2      | Z-Zwo ABL3 Decke über Keller   | 33        |
| 3.1.3      | Z-Zwo FD2 (Decke TG)   | 34        |
| 3.1.4      | Z-Zwo FD1 Flachdach begrünt  | 35        |
| 3.1.5      | Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus   | 36        |
| 3.1.6      | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)  | 37        |
| 3.1.7      | Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich)   | 38        |
| 3.1.8      | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG   | 39        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.1.9      | Z-Zwo ABL2 Decke über TG, Keller                | 40        |
| <b>3.2</b> | <b>Wandbauteile</b>                             | <b>41</b> |
| 3.2.1      | Z-Zwo AW 1 Brüstung                             | 41        |
| 3.2.2      | Z-Zwo AW2 Wand gegen TG                         | 42        |
| 3.2.3      | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand                            | 43        |
| 3.2.4      | Z-Zwo AWE1 gegen Erdreich                       | 44        |
| 3.2.5      | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich                       | 45        |
| 3.2.6      | Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus   | 46        |
| 3.2.7      | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton                      | 47        |
| 3.2.8      | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000                    | 48        |
| <b>3.3</b> | <b>Stützenbauteile</b>                          | <b>49</b> |
| 3.3.1      | Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze d=40cm       | 49        |
| 3.3.2      | Z-Zwo FuDA Betonstützen Rechteckstütze 35x80 cm | 50        |
| <b>3.4</b> | <b>Fensterbauteile</b>                          | <b>51</b> |
| 3.4.1      | Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG                    | 51        |
| 3.4.2      | Z-Zwo FF1 Fensterband OG                        | 52        |
| <b>3.5</b> | <b>Bauteile Bodenplatte</b>                     | <b>53</b> |
| 3.5.1      | Z-Zwo BoPI 1 Bodenplatte                        | 53        |
| 3.5.2      | Z-Zwo BoPI 2 Bodenplatte                        | 54        |
| <b>3.6</b> | <b>Bauteile Sonnenschutz</b>                    | <b>55</b> |
| 3.6.1      | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG                       | 55        |
| 3.6.2      | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG                       | 56        |
| <b>3.7</b> | <b>Schlosserarbeiten</b>                        | <b>57</b> |
| 3.7.1      | Z-Zwo SA Schlosserarbeiten                      | 57        |
| <b>3.8</b> | <b>Türelemente</b>                              | <b>58</b> |
| 3.8.1      | Z-Zwo Hartholztüren Innenraum                   | 58        |
| <b>4</b>   | <b>Ökologische Wirkung der TGA</b>              | <b>59</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Z-Zwo Elektro</b>                            | <b>59</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Lüftung</b>                                  | <b>60</b> |
| 4.2.1      | Z-Zwo Lüftung, Ablüfter                         | 60        |
| 4.2.2      | Z-Zwo Lüftung, Rohrleitungen                    | 61        |
| <b>4.3</b> | <b>Z-Zwo Kühlung, Kältesplitgeräte</b>          | <b>62</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Wärme</b>                                    | <b>63</b> |
| 4.4.1      | Z-Zwo Wärme, Brennwertkessel                    | 63        |
| 4.4.2      | Z-Zwo Wärme, Verteilungsrohre Heizung           | 64        |
| 4.4.3      | Z-Zwo Wärme, Heizkörper                         | 65        |
| <b>4.5</b> | <b>Trinkwasser</b>                              | <b>66</b> |
| 4.5.1      | Z-Zwo Trinkwasser, Untertisch WW Bereiter       | 66        |
| 4.5.2      | Z-Zwo Trinkwasser, Verteilungsrohre Kaltwasser  | 67        |
| <b>4.6</b> | <b>Schmutzwasser</b>                            | <b>68</b> |
| 4.6.1      | Z-Zwo Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre         | 68        |
| <b>4.7</b> | <b>Transport, Aufzüge</b>                       | <b>69</b> |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Literaturverzeichnis</b>              | <b>70</b> |
| <b>6</b> | <b>Bauteilflächen des Gebäudes Z-Zwo</b> | <b>71</b> |

## **1 Grundlagen der Untersuchung**

### **1.1 Einleitung**

Nachhaltiges Bauen und Konstruieren entspricht dem Puls der Zeit und wird das Bauwesen grundlegend verändern. Ziel ist es, bauliche Strukturen in ökologischer, ökonomischer, soziokultureller und technischer Hinsicht über deren gesamten Lebenszyklus zu optimieren, hierbei Ressourcen zu schonen und schädliche Wirkungen auf Mensch und Gesellschaft zu minimieren. Für jede am Bau beteiligte Interessensgruppe ergeben sich hieraus neue Herausforderungen. Einen Vorsprung auf diesem Gebiet werden sich diejenigen sichern, die sich frühzeitig den neu entstandenen Anforderungen stellen.

Die Ed. Züblin AG, hat mit dem Ziel, einen Beitrag zum nachhaltigen Bauen zu leisten, dem Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen des Projektes „REG-Ressourceneffiziente Gebäude von Übermorgen“ den Auftrag erteilt, eine ökologische Untersuchung Ökobilanz verschiedener Gebäude mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2] zu erstellen. Die Untersuchung wird anhand von etwa 30 repräsentativen Bauteilen durchgeführt, die zusammen mit dem Auftraggeber aus Konstruktion und TGA eines jeden Gebäudes identifiziert wurde. Hierbei wurde ein großer Wert darauf gelegt, dass die ausgewählten Bauteile die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umweltwirkungen abdecken.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der Untersuchung der ökologischen Wirkungen für das Gebäude Z-Zwo der Firma Züblin.

### **1.2 Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044**

Die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2], die als Untersuchungsmethode für das vorliegende Forschungsvorhaben herangezogen wurde, dient der Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potenziellen Umweltwirkungen. Die Methode enthält die in Abbildung 1 dargestellten Schritte:

1. Festlegung und Ziel des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Die einzelnen Arbeitsschritte beeinflussen sich gegenseitig und können nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Die Anwendungsmöglichkeiten einer Ökobilanz reichen vom gezielten Aufzeigen von Verbesserungspotenzialen für Produkte (wie z.B. Deckensysteme) und Prozesse (wie z.B. Herstellungstätigkeiten für ganze Gebäude) bis hin zur Unterstützung strategischer Entscheidungsprozesse.

Gegenstand der vorliegenden ökologischen Bilanzierung nach DIN EN ISO 14040 und 14044 sind repräsentativ für das Gebäude Z-Zwo der Firma Züblin ausgewählte Bauteile und Elemente der Baukonstruktion und Technischen Gebäudeausrüstung. Für die Untersuchung wurden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungskriterien herangezogen.

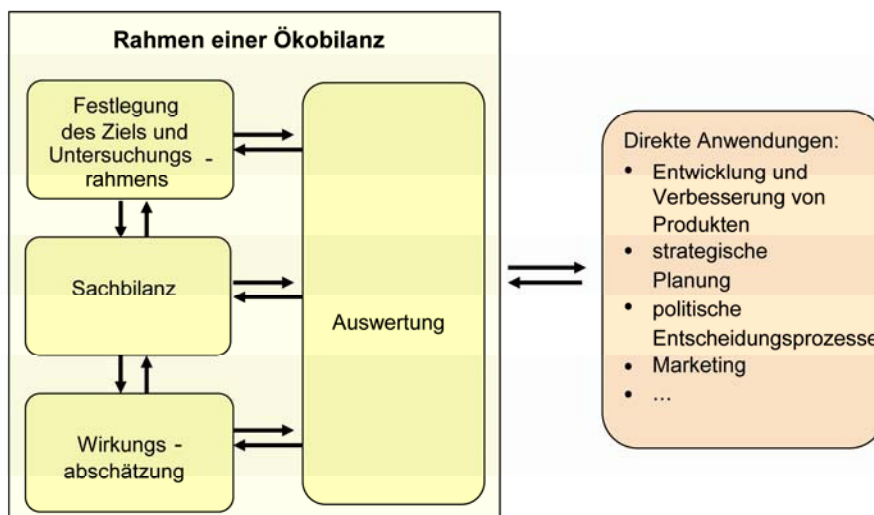


Abbildung 1: Aufbau einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 und 14044 [1]

### 1.3 Kriterien der Untersuchung

In Rahmen der im Forschungsvorhaben durchgeführten Ökobilanz-Studie werden die potenziellen Umweltwirkungen des Gesamtgebäudes über den Lebenszyklus anhand von 30 ausgewählten Bauteilen untersucht. Hierfür werden die im Folgenden dargestellten Untersuchungskriterien herangezogen. Die genannten Kriterien sind auch Bestandteil der Beurteilung der Hauptkriteriengruppe der „Ökologischen Qualität“ im Rahmen des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“. Auf die Darstellung und Interpretation weiterer Wirkungskategorien (z.B. Humantoxizität) wurde aufgrund der eingeschränkten Akzeptanz und bisher im Bauwesen nur lückenhaft vorliegenden Datengrundlage nach Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

### **Treibhauspotenzial (GWP) [in kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potenzial), gemessen in kg CO<sub>2</sub>-Äqu., ist das massebezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von entsprechenden Gasen. Ein Produkt mit einem niedrigen GWP-Wert verursacht nur geringe Emissionen an Gasen, die zum Treibhauseffekt beitragen. An dieser Stelle zu nennen sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub>, PFC und HFC. Ihre Werte werden in Relation zur Treibhauswirkung von Kohlendioxid als CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben. Das Treibhauspotenzial ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von Treibhausgasen und deren unterschiedlicher atmosphärischer Verweildauern ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum. Daher ist bei der Kategorie Treibhauspotenzial stets der Bezugszeitraum – 25, 100 oder 500 Jahre – anzugeben. Für die vorliegende Studie beträgt der Bezugszeitraum 100 Jahre (GWP<sub>100</sub>).

### **Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP) [in kg R<sub>11</sub>-Äqu.]**

Die Anreicherung des Gases R<sub>11</sub> in der Atmosphäre trägt zur Zerstörung der Ozonschicht bei. Aufgabe der Ozonschicht ist die Abschirmung von UV-Strahlung und damit die Verhinderung einer zu starken Erwärmung der Erdoberfläche. Zu den Folgen der Zerstörung der Ozonschicht gehören u.a. Tumorbildungen bei Mensch und Tier, sowie Störungen der Photosynthese.

### **Ozonbildungspotenzial (POCP) [in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]**

Das Ozonbildungs- oder Sommersmogpotenzial, gemessen in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Äqu./m<sup>2</sup> ist das massebezogene Äquivalent schädlicher Spurengase, wie z.B. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, die in Verbindung mit UV-Strahlung zur Bildung von bodennahem (troposphärischem) Ozon beitragen. Die dadurch entstehende human- und ökotoxische Verunreinigung der bodennahen Luftschichten wird als Sommersmog bezeichnet. Dieser greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Die Konzentration von bodennahem Ozon wird regelmäßig durch Luft-Messstationen ermittelt, in Belastungskarten dargestellt und veröffentlicht.

### **Überdüngungspotenzial (EP) [in kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]**

Überdüngung (Eutrophierung) bezeichnet den Übergang von Gewässern und Böden von einem nährstoffarmen (oligotrophen) in einen nährstoffreichen (eutrophen) Zustand. Sie wird verursacht durch die Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere durch Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Diese können z.B. bei der Herstellung von Bauprodukten vor allem aber durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen. Die resultierende Änderung der Verfügbarkeit von Nährstoffen wirkt sich z.B. in Gewässern durch eine vermehrte Algenbildung aus, die unter anderem das Sterben von Fischen zur Folge haben kann.

### **Versauerungspotenzial (AP) [in kg SO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Versauerungspotenzial (Acidification Potenzial) beschreibt die Wirkung versauernder Emissionen und ist damit ein Maß für die Umweltwirkung „Versauerung von Böden und Gewässern“. Je höher der AP-Wert, umso höher die Gefahr von saurem Regen und den damit verbundenen Umweltschädigungen. Referenzstoff für die Berechnung des Versauerungspotenzials ist SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid), auf das die Wirkung der anderen versauernd wirkenden Luftemissionen (wie z.B. NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S), ausgedrückt in massebezogenen SO<sub>2</sub>-Äquivalenten, bezogen wird.

### **Primärenergiebedarf erneuerbar (PE<sub>E</sub>) [in KWh]**

Der erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller primärenergetischen Aufwendungen aus erneuerbaren Quellen (wie z.B. Biomasse, Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser- und Windkraft), die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>e</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig erneuerbare Energie verbraucht wurde. Der Primärenergiebedarf erneuerbar sollte immer in Zusammenhang mit dem Gesamtprimärenergiebedarf, d.h. der Summe der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiewerte gesehen werden.

### **Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>) [in KWh]**

Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller nicht erneuerbaren primärenergetischen Aufwendungen, die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>ne</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig nicht erneuerbare Energie verbraucht wurde. Zu den nicht erneuerbaren Primärenergiequellen zählen u.a. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran.



## 1.4 Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen

### Ziel und Vorgehen

Ziel der Untersuchung ist Ermittlung der mit dem Gebäude verbundenen Umweltwirkungen. Im diesem Zusammenhang werden die Umweltwirkungen, die durch die Errichtung, Instandhaltung und Entsorgung des untersuchten Gebäudes über einen Zeitraum von 50 Jahren entstehen, bilanziert. Im Sinne der Erschaffung eines zukunftsfähigen und nachhaltigkeitsorientierten Baustandards, werden über die Darstellung der Ergebnisse hinaus, Hinweise auf ökologische Optimierungspotenziale erwartet. Im Untersuchungsrahmen enthalten ist die Herstellung der Baustoffe der betrachteten Bauteile inklusive Vorketten, Transporte, deren Instandhaltung sowie die Entsorgung der Baustoffe nach Ablauf der nach [3] angesetzten Lebensdauern. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Transporte auf der Baustelle entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Zur Durchführung der Ökobilanz des Gebäudes stehen am Institut für Massivbau die Tools bauloop (Ökobilanzierung Konstruktion) und bauluna (Ökobilanzierung Betriebsphase) zur Verfügung. Die verwendeten Datengrundlagen entstammen den Datenbanken Ökobaudat des BMVBS Stand Februar 2008. Dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der Datenbank und Ökobilanzsoftware GABI 4 sinnvoll ergänzt.

### Funktionelle Einheit

Die Funktionelle Einheit dient als Vergleichsmaßstab jeder Untersuchung. In der vorliegenden Studie wurde als Funktionelle Einheit das Büro- und Gewerbegebäude „Z-Zwo“ ohne Grundstück gewählt.

### Systemgrenzen

Die Angabe der Systemgrenzen dient dazu, nachvollziehbar darzustellen, was in der Untersuchung berücksichtigt wurde, und was nicht in die Betrachtung eingeflossen ist.

Räumliche Systemgrenze der Berechnungen sind die Gebäudeaußenkanten. In die Betrachtung gehen als repräsentativ ausgewählte Bauteile des Rohbaus des Gebäudes, Türen, Fenster, Wand-, Decken- und Bodenbekleidungen, sowie Bauteile der Technischen Gebäudeausstattung ein. Der zeitliche Betrachtungsrahmen beginnt mit der Erstellung des Gebäudes (inklusive Herstellung aller Vorprodukte), umfasst die Nutzungsphase und endet mit der Entsorgung nach dem 50. Bestandsjahr.

## **Sachbilanzierung**

Ziel der Sachbilanzierung ist es, für das zu analysierende Büro- und Gewerbegebäude die erforderlichen Mengen an Material festzustellen, die durch die Erstellung des Gebäudes und später durch die Instandsetzungsarbeiten anfallen. Diese Materialmengen werden dann mit den Umweltwirkungen verknüpft, die mit der Herstellung, Transport und Entsorgung dieser Materialien verbunden sind. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Baustellentransporte entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Für die Sachbilanzierung wurden die am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna verwendet. Für die Festlegung der nötigen Instandsetzungsarbeiten muss für jedes Material eine Lebensdauer angesetzt werden. Die berücksichtigten Nutzungsdauern der Materialien sind für die einzelnen Schichten in den Bauteiltabellen enthalten und wurden in Anlehnung an Kapitel 7.1 „Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten“ der Anlage 6 des „Leitfadens Nachhaltiges Bauen“ [3] gewählt. Durch Abhängigkeiten zu angrenzenden Schichten können manche Materialien nicht so lange genutzt werden, wie es ihrer technisch möglichen Lebensdauer entspricht. Dies wird bei der Sachbilanzierung berücksichtigt.

## **Wirkungsabschätzung**

Die Wirkungsabschätzung für die ausgewählten Kriterien (Primärenergie aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Quellen, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Ozonschichtzerstörungspotenzial, Ozonbildungspotenzial) erfolgt mit den am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna, die die Ergebnisse der Stoffstrombilanzierung mit den in der Datenbank hinterlegten Werten der ausgewählten Wirkungskategorien für alle eingesetzten Baumaterialien verknüpfen.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchung grafisch aufbereitet dargestellt.

## 2 Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Gebäude Z-Zwo

### 2.1 Allgemeine Angaben zur Bilanzierung

Der Betrachtungszeitraum der Untersuchung beträgt 50 Jahre. Er entspricht somit dem Betrachtungszeitraum, der für die Nachhaltigkeitszertifizierung mit dem „Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen festgelegt wurde.

Als Datenbasis wurde die Datenbank Ökobaudat (Stand Dezember 2008) verwendet. Dort noch nicht vorhandene Baustoffe- und Bauelemente wurden mit zu Hilfenahme der Datenbank GaBi 4 und unter Verwendung der am Institut für Massivbau verfügbaren Tools Bauloop und Bauluna nachbilanziert. In den Datensätzen wurden im Lebenszyklusabschnitt „End of Life“ eines jeden Bauteils, für das dies notwendig ist (z.B. für das Recycling von Stahl), Gutschriften gemäß Ökobaudat berücksichtigt. Das kann dazu führen, dass die ökologischen Wirkungen eines Bauteils über den gesamten Lebenszyklus einen geringeren Betrag aufweisen können, als zum Zeitpunkt der Erstellung. Beispielhaft zeigt die folgende Tabelle die ökologische Wirkung eines Bauteils mit einer Gutschrift zum Lebenszyklusende.

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|--|--|---------------------------|--|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|  | GWP                                    | ODP                       | POCP   | AP                                     | EP                                     | Eges              | Ee                | Ene               |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 146,7                                  | 0,000010                  | 0,066  | 0,68                                   | 0,038                                  | 2393,7            | 514,5             | 1879,2            |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,6                                   | 0,000004                  | 0,033  | 0,37                                   | 0,043                                  | 1148,2            | 153,8             | 994,5             |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |         |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
|   | %      | %       | %       | %       | %      | %       | %       | %       |
| Erstellung  | 153,5% | 215,4%  | 197,3%  | 184,6%  | 89,0%  | 208,5%  | 334,6%  | 189,0%  |
| Nutzung   | 31,5%  | 15,8%   | 24,8%   | 35,1%   | 45,3%  | 22,2%   | 2,3%    | 25,3%   |
| Entsorgung  | -85,0% | -131,2% | -122,1% | -119,7% | -34,3% | -130,7% | -236,9% | -114,3% |

Allgemein werden in der Phase End-of-Life folgende Entsorgungswege unterschieden:

- Metalle mit hohen Anteilen von Primärherstellung sind mit Ihrem Recyclingpotenzial anzusetzen. Die Gutschriften sind hierbei abhängig von der Art des Metalls. Ausgenommen von Gutschriften in der Phase des End-of-Life sind Metalle aus Recyclingmaterial (wie z.B. Bewehrungsstahl). Für sie darf keine Gutschrift angesetzt werden.
- Für mineralische Baustoffe ist der Entsorgungsweg Recycling/Verwertung zu wählen. Hierzu wird vereinfachend der Ökobau.dat Datensatz „Bauschutttaufbereitung“ gewählt.
- Materialien mit einem Heizwert (wie z.B. Holz, Kunststoffe, etc.) werden einer thermischen Verwertung zugeführt. Die Daten werden hierzu nach Stoffgruppen zusammengefasst. Angesetzt wird der Stoffgruppenspezifische Datensatz nach Ökobau.dat.

- Für alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt- und Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen, ist der Entsorgungsweg „Entsorgung auf Deponie“ zu wählen.

Die Angabe der Entsorgungswege orientiert sich an den Vorgaben für das „Deutsche Gütesiegel Nachhaltiges Bauen“, Version 2008.

Die Lebensdauern der Bauteilschichten entstammen der Anlage 6 des Leitfadens Nachhaltiges Bauen [2], dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der unter [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) verfügbaren Lebensdauertabelle des Bundes ergänzt. Unter Beachtung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Schichten wurden die eingesetzten Lebensdauern praxisgerecht angepasst (Schichtenmodell des Instituts für Massivbau).

Die Nettogeschossfläche des bilanzierten Gebäudes beträgt

|  |                            |
|--|----------------------------|
| <b>mit Tiefgarage</b>                  | <b>14540 m<sup>2</sup></b> |
| <b>ohne Tiefgarage, incl. NF im UG</b> | <b>10860 m<sup>2</sup></b> |

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind im folgenden Kapitel 2.2 pro m<sup>2</sup> NGF und im Kapitel 2.3 pro m<sup>2</sup> NGF ohne Tiefgarage, incl. NF im UG dargestellt.

## 2.2 Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF mit Tiefgarage

### 2.2.1 Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE<sub>GES</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Gesamt-Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

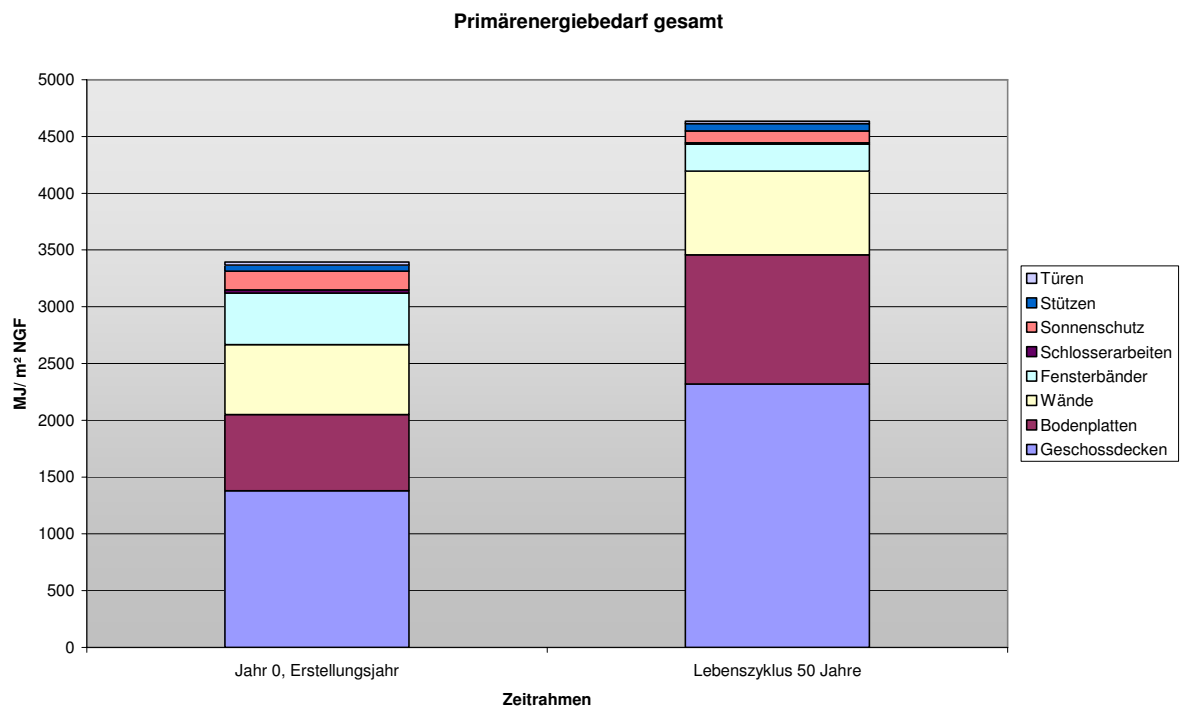


Abbildung 2 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Primärenergiebedarf gesamt des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 6.69E+02          | 4.53E+02           | 1.38E+03            | 2.86E+01               | 1.65E+02          | 5.30E+01 | 2.67E+01 | 6.17E+02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.14E+03          | 2.38E+02           | 2.32E+03            | 1.17E+01               | 1.04E+02          | 6.43E+01 | 2.14E+01 | 7.38E+02 |

Abbildung 3 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.2 Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

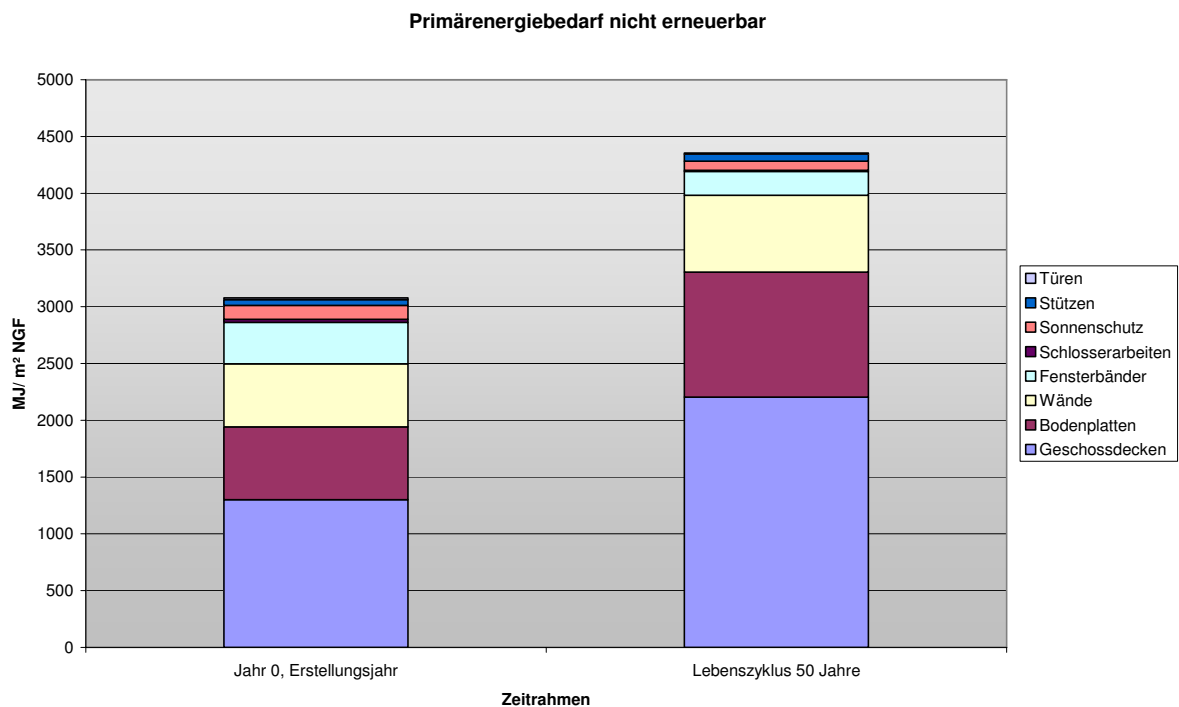


Abbildung 4 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 6.41E+02          | 3.64E+02           | 1.30E+03            | 2.76E+01               | 1.24E+02          | 4.95E+01 | 1.66E+01 | 5.56E+02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.10E+03          | 2.10E+02           | 2.20E+03            | 1.08E+01               | 8.00E+01          | 6.04E+01 | 1.14E+01 | 6.78E+02 |

Abbildung 5 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.3 Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE<sub>E</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

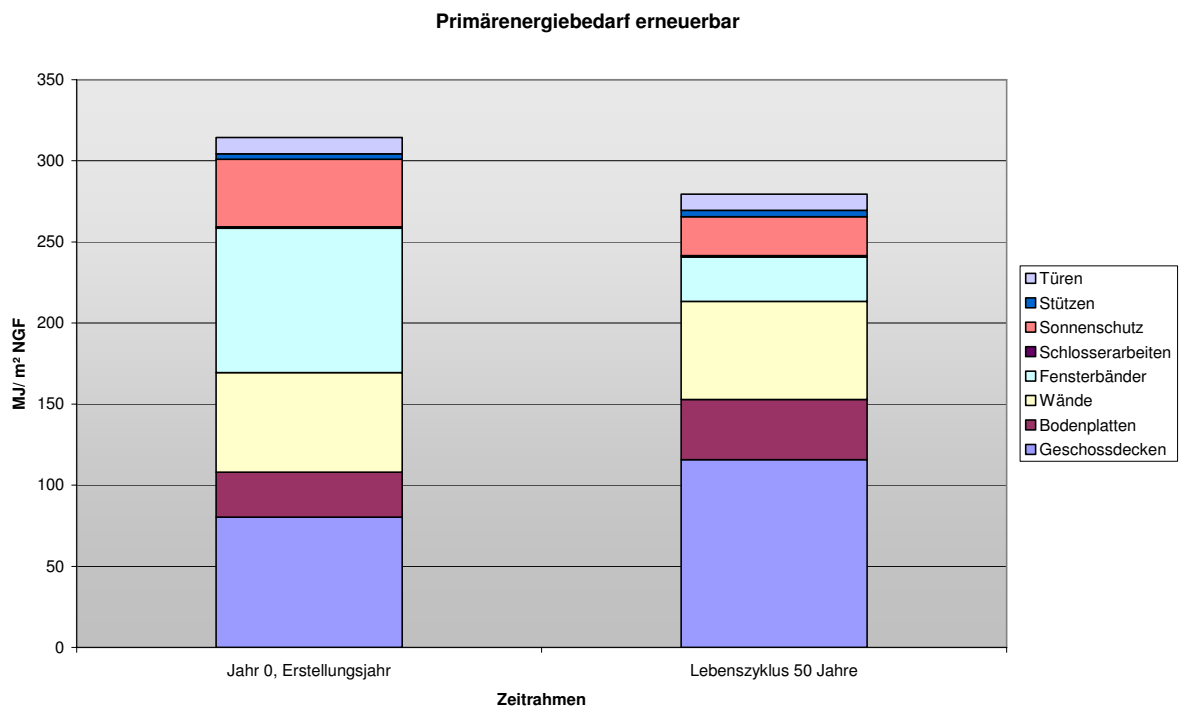


Abbildung 6 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Primärenergiebedarf erneuerbar des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 2.77E+01          | 8.90E+01           | 8.03E+01            | 9.45E-01               | 4.15E+01          | 3.49E+00 | 1.01E+01 | 6.14E+01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 3.70E+01          | 2.74E+01           | 1.16E+02            | 8.67E-01               | 2.39E+01          | 3.90E+00 | 1.00E+01 | 6.05E+01 |

Abbildung 7 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.4 Kriterium Versauerungspotenzial (AP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

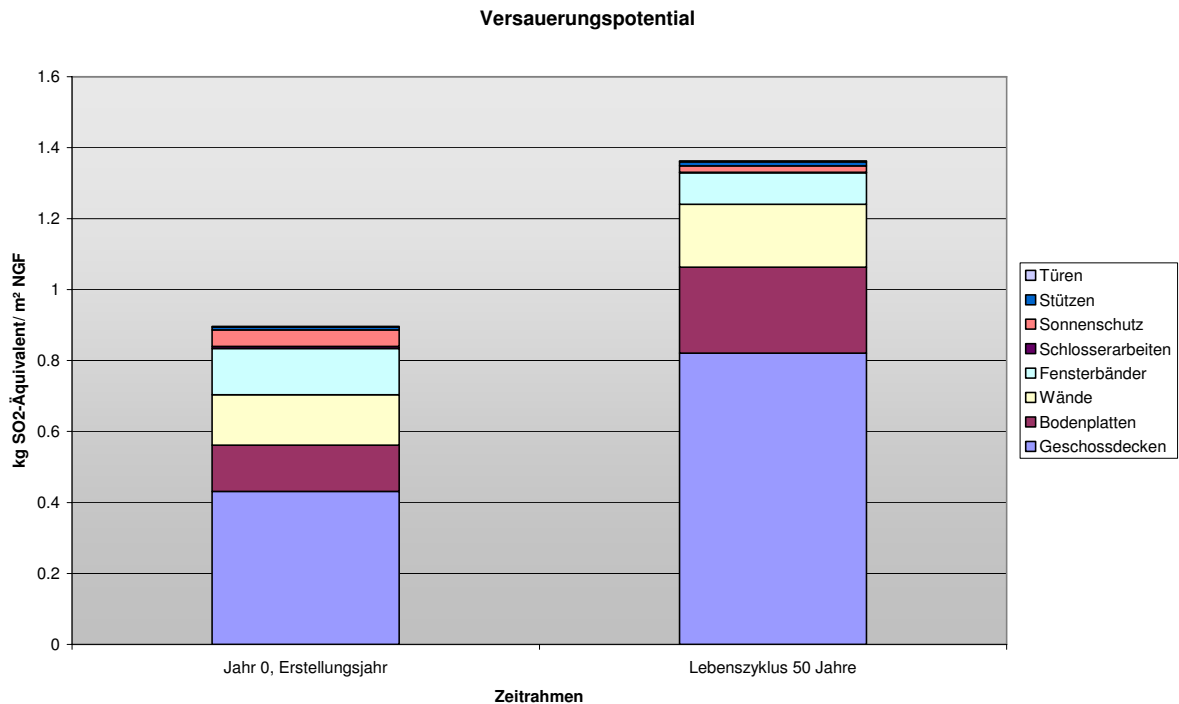


Abbildung 8 Versauerungspotenzial des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



**Versauerungspotential des Gebäudes [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 1.31E-01      | 1.30E-01       | 4.31E-01        | 5.60E-03           | 4.65E-02      | 8.57E-03 | 1.92E-03 | 1.42E-01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 2.42E-01      | 8.85E-02       | 8.21E-01        | 1.28E-03           | 1.80E-02      | 1.16E-02 | 2.79E-03 | 1.77E-01 |

Abbildung 9 Versauerungspotenzial des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.5 Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Eutrophierungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

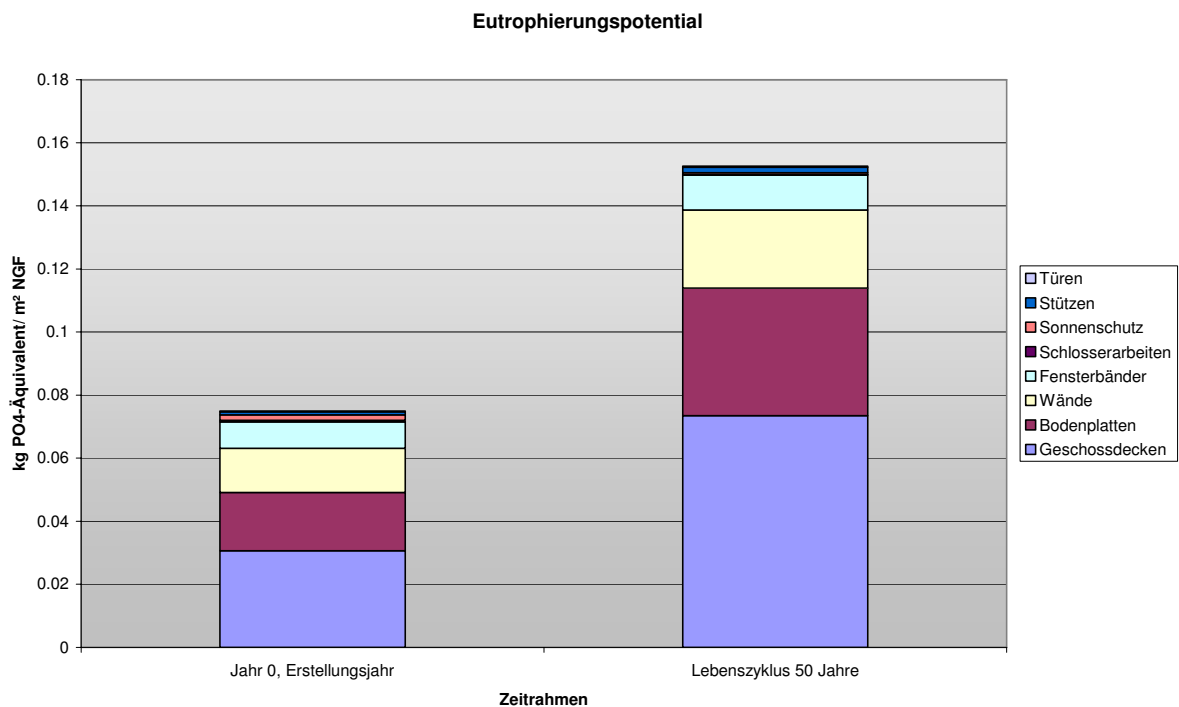


Abbildung 10 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Eutrophierungspotential des Gebäudes [kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 1.84E-02      | 8.38E-03       | 3.07E-02        | 5.29E-04           | 1.76E-03      | 9.47E-04 | 2.16E-04 | 1.40E-02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 4.04E-02      | 1.11E-02       | 7.35E-02        | 1.31E-04           | 6.57E-04      | 1.70E-03 | 3.55E-04 | 2.48E-02 |

Abbildung 11 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.6 Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Treibhauspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

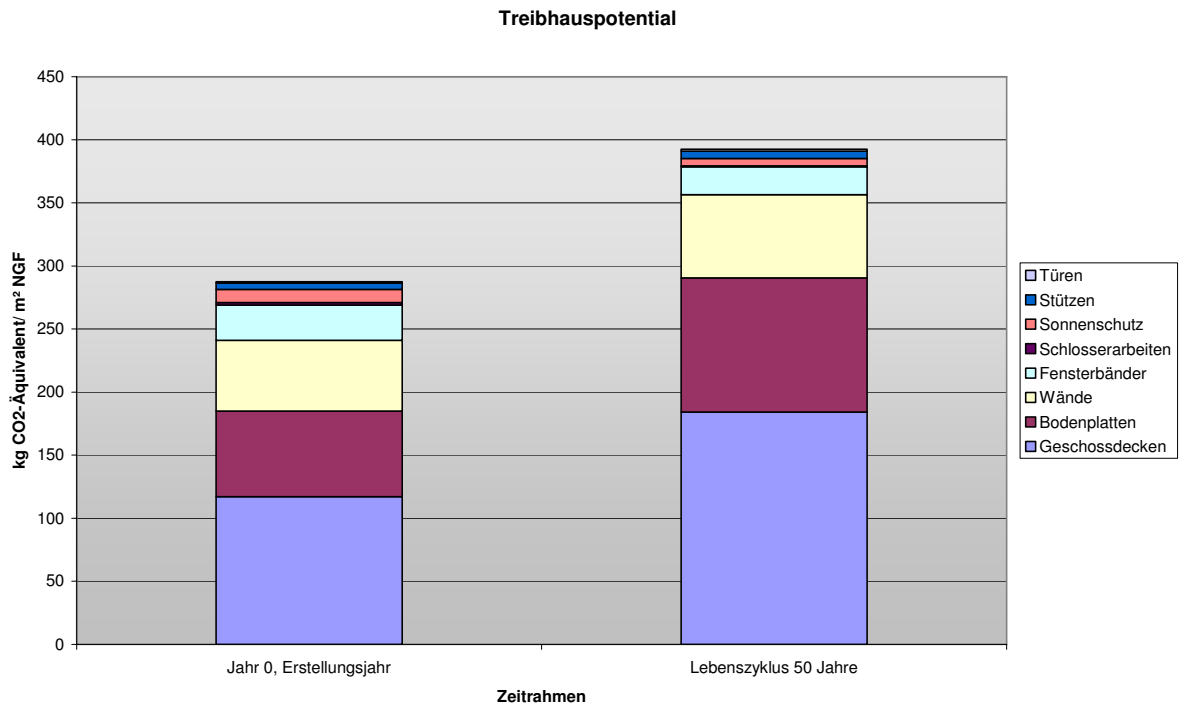


Abbildung 5: Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Treibhauspotential des Gebäudes [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 6.79E+01      | 2.79E+01       | 1.17E+02        | 2.05E+00           | 1.04E+01      | 5.04E+00 | 1.06E+00 | 5.60E+01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.06E+02      | 2.21E+01       | 1.84E+02        | 7.92E-01           | 5.78E+00      | 5.89E+00 | 1.55E+00 | 6.60E+01 |

Abbildung 12 Treibhauspotential des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.7 Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonschichtzerstörungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg R11-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

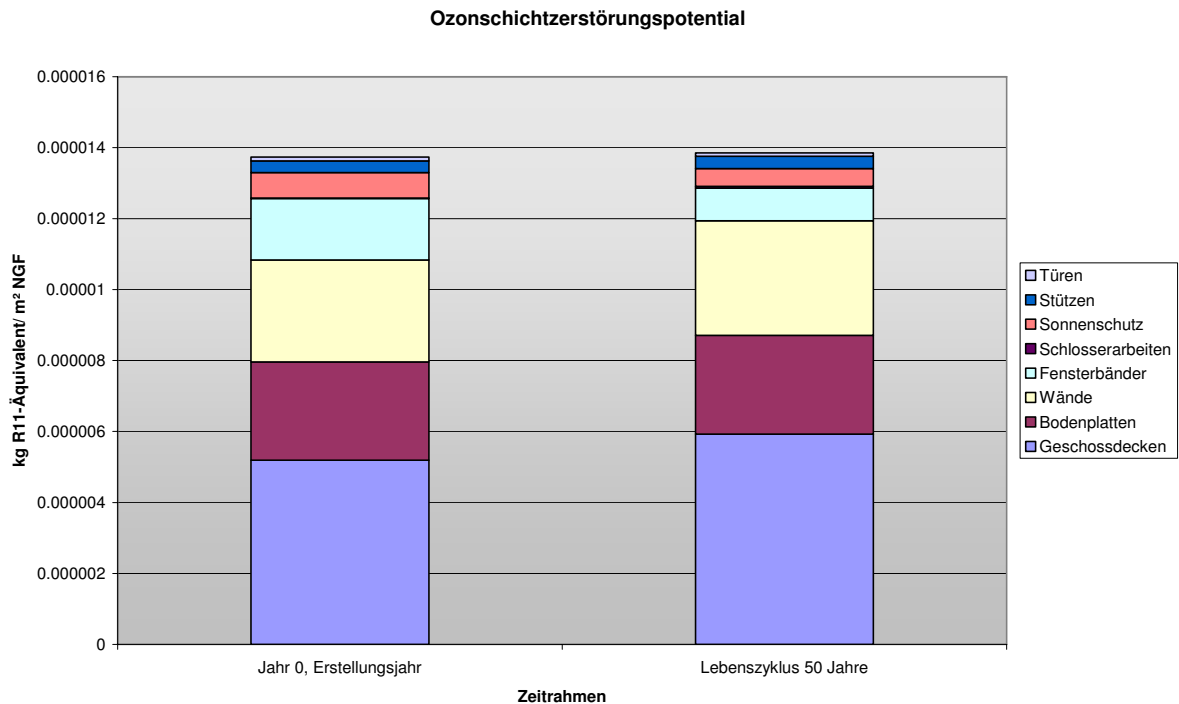


Abbildung 13 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Ozonschichtzerstörungspotential des Gebäudes [kg R11-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 2.77E-06      | 1.74E-06       | 5.19E-06        | 1.16E-08           | 7.14E-07      | 3.30E-07 | 1.05E-07 | 2.87E-06 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 2.78E-06      | 9.15E-07       | 5.93E-06        | 5.19E-08           | 5.02E-07      | 3.45E-07 | 9.54E-08 | 3.23E-06 |

Abbildung 14 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.8 Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg C2H4-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

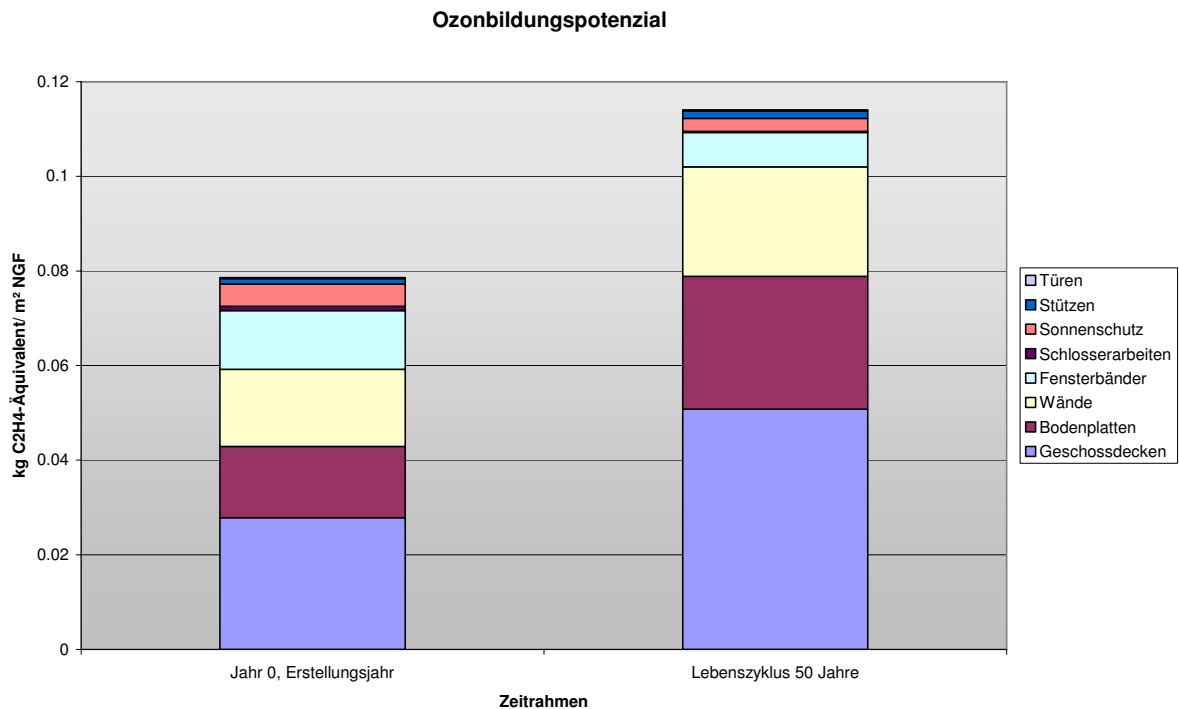


Abbildung 15 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| <b>Ozonbildungspotential des Gebäudes [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]</b> |                   |                    |                     |                        |                   |          |          |          |
|--|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
|  | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
| Erstellungsjahr 0  | 1.51E-02          | 1.24E-02           | 2.78E-02            | 8.87E-04               | 4.73E-03          | 1.14E-03 | 2.41E-04 | 1.63E-02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2.81E-02          | 7.26E-03           | 5.08E-02            | 2.23E-04               | 2.74E-03          | 1.56E-03 | 2.67E-04 | 2.31E-02 |

Abbildung 16 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr  
und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.3 Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF ohne Tiefgarage, inkl. Nutzfläche im Untergeschoss

### 2.3.1 Kriterium Primärenergie gesamt (PE<sub>GES</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Gesamt-Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

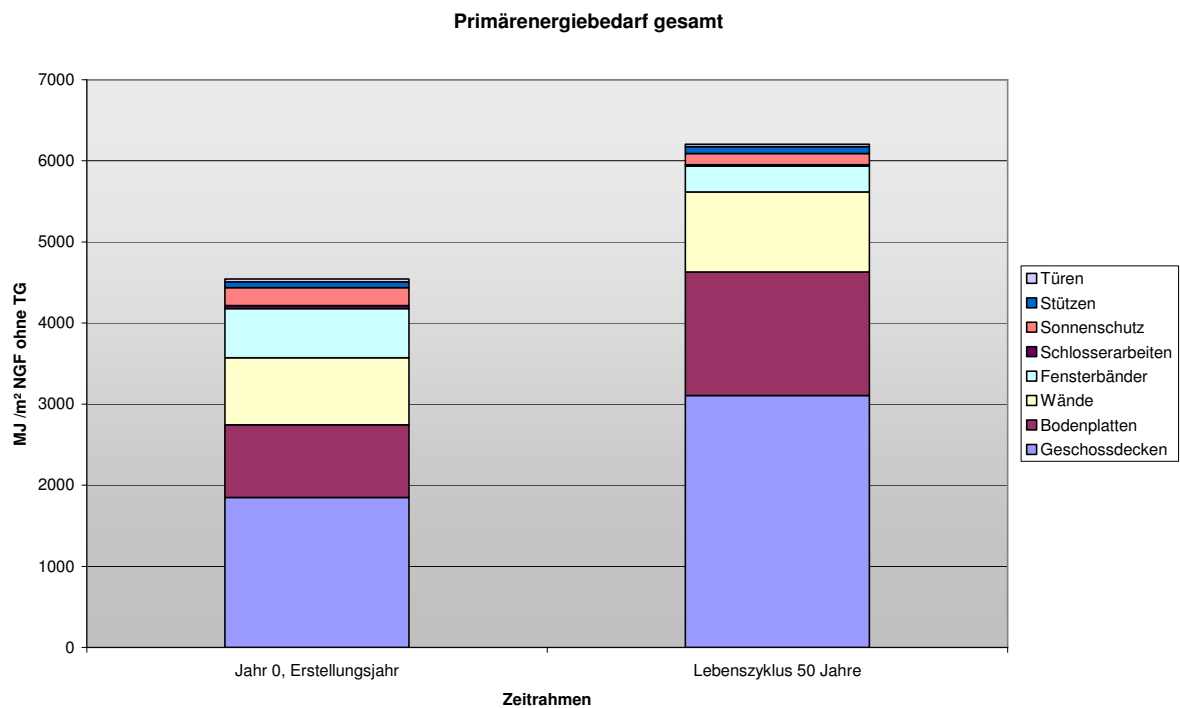


Abbildung 17 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Primärenergiebedarf gesamt des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 8.96E+02      | 6.07E+02       | 1.85E+03        | 3.82E+01           | 2.21E+02      | 7.10E+01 | 3.57E+01 | 8.26E+02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.52E+03      | 3.18E+02       | 3.11E+03        | 1.56E+01           | 1.39E+02      | 8.61E+01 | 2.87E+01 | 9.88E+02 |

Abbildung 18 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.2 Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

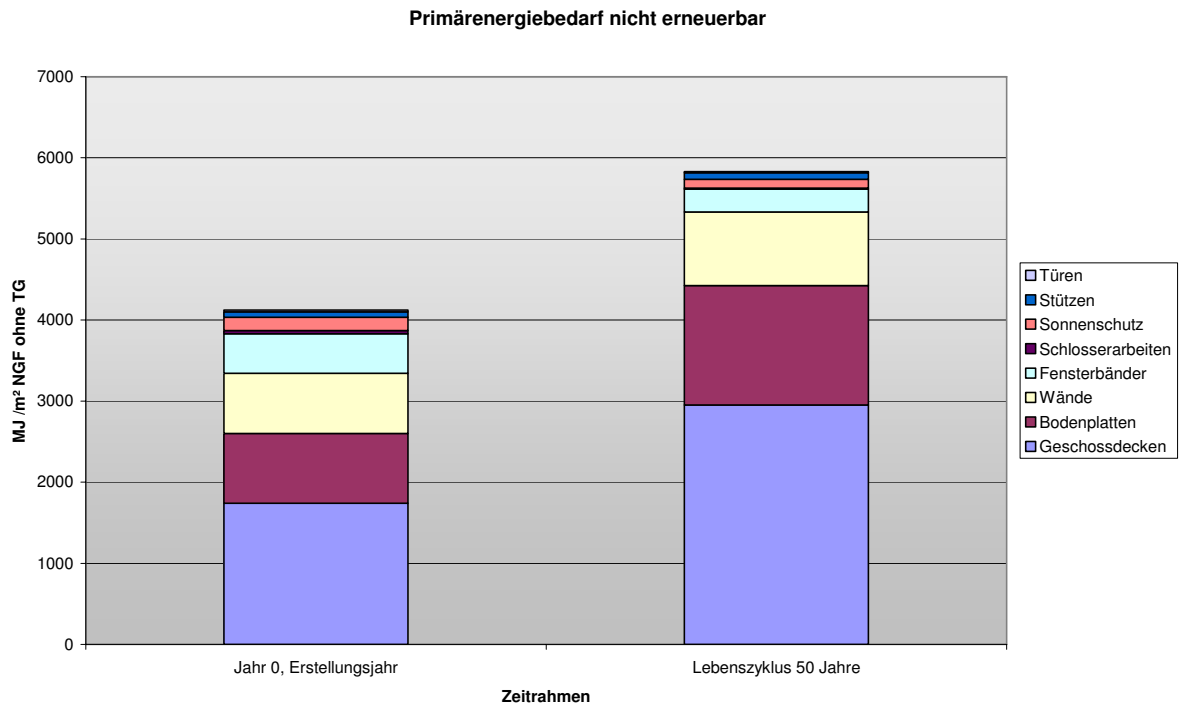


Abbildung 19 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 8.58E+02      | 4.88E+02       | 1.74E+03        | 3.70E+01           | 1.65E+02      | 6.63E+01 | 2.22E+01 | 7.44E+02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.47E+03      | 2.82E+02       | 2.95E+03        | 1.45E+01           | 1.07E+02      | 8.09E+01 | 1.52E+01 | 9.07E+02 |

Abbildung 20 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.3 Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE<sub>E</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

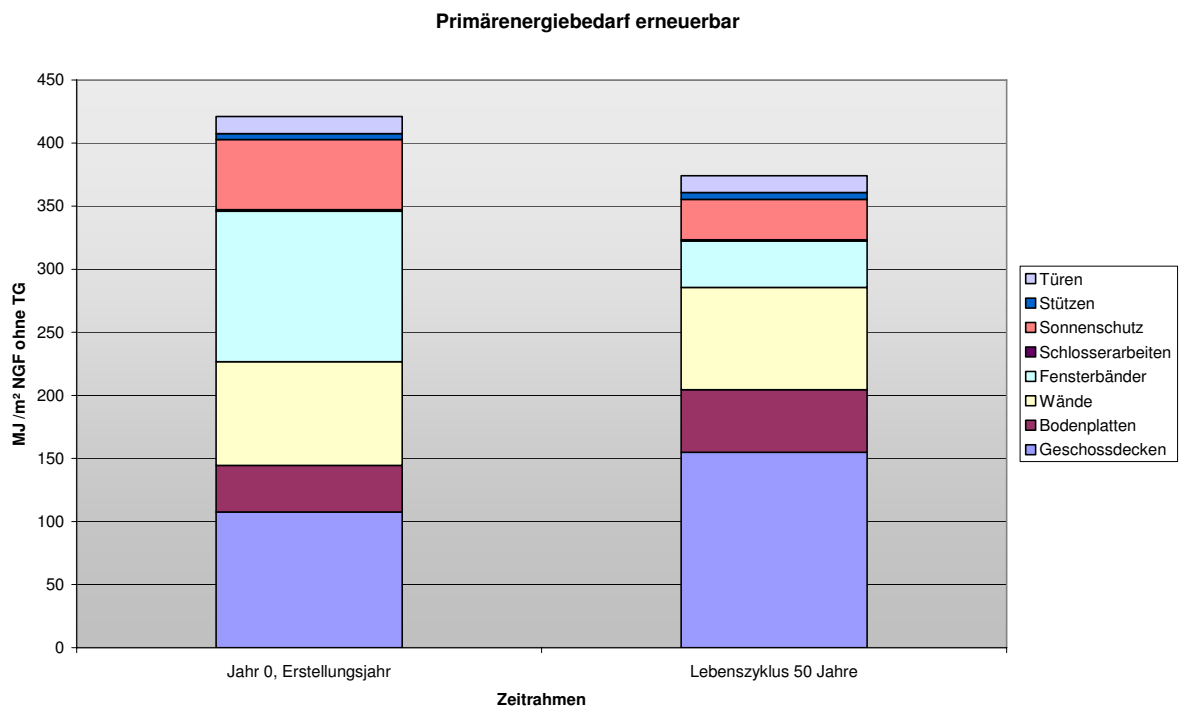


Abbildung 21 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



**Primärenergiebedarf erneuerbar des Gebäudes [MJ/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 3.71E+01          | 1.19E+02           | 1.07E+02            | 1.27E+00               | 5.56E+01          | 4.67E+00 | 1.35E+01 | 8.22E+01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 4.96E+01          | 3.67E+01           | 1.55E+02            | 1.16E+00               | 3.20E+01          | 5.22E+00 | 1.34E+01 | 8.10E+01 |

Abbildung 22 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.4 Kriterium Versauerungspotenzial (AP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg SO<sub>2</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

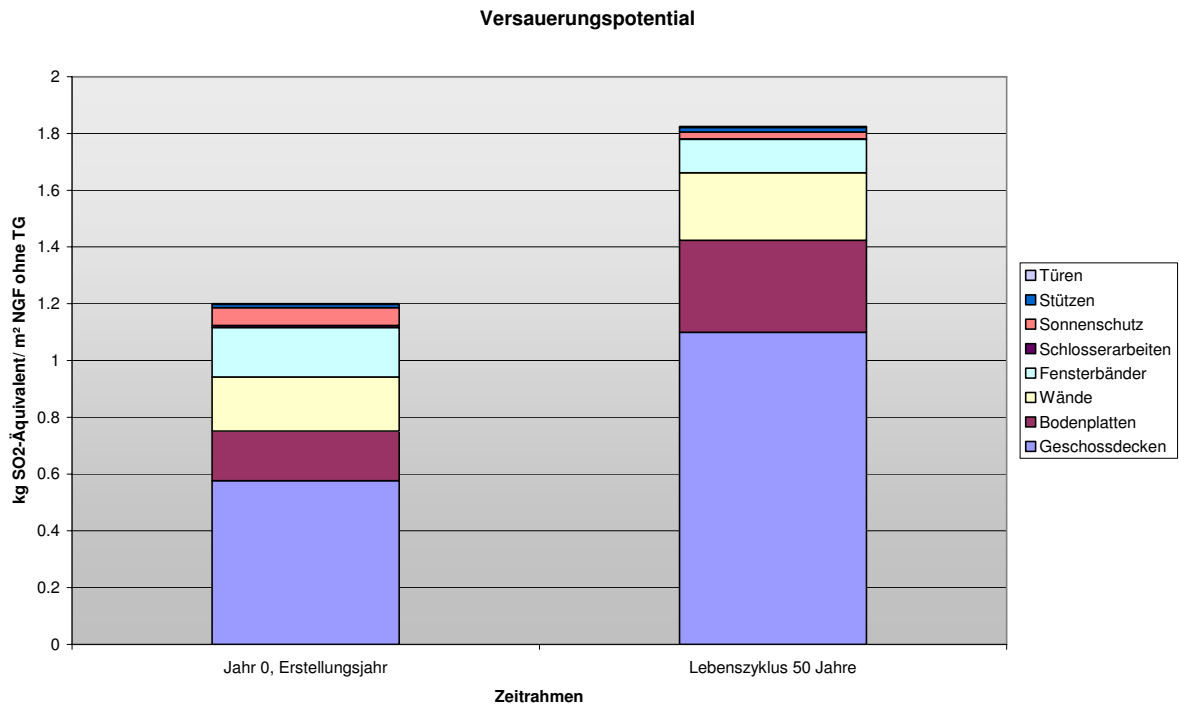


Abbildung 23 Versauerungspotenzial des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Versauerungspotential des Gebäudes [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 1.75E-01      | 1.75E-01       | 5.77E-01        | 7.49E-03           | 6.23E-02      | 1.15E-02 | 2.57E-03 | 1.90E-01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 3.24E-01      | 1.19E-01       | 1.10E+00        | 1.72E-03           | 2.40E-02      | 1.55E-02 | 3.73E-03 | 2.38E-01 |

Abbildung 24 Versauerungspotenzial des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.5 Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Eutrophierungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg PO<sub>4</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

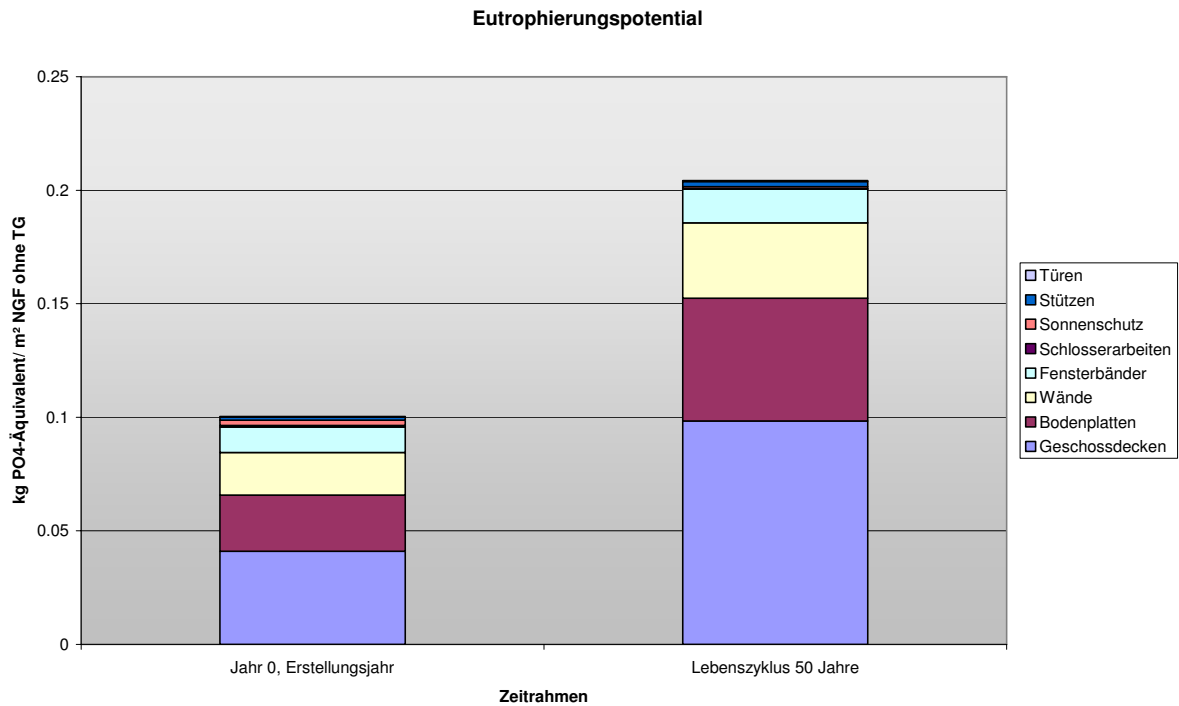


Abbildung 25 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Eutrophierungspotential des Gebäudes [kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 2.47E-02      | 1.12E-02       | 4.11E-02        | 7.08E-04           | 2.36E-03      | 1.27E-03 | 2.89E-04 | 1.87E-02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 5.41E-02      | 1.48E-02       | 9.84E-02        | 1.75E-04           | 8.79E-04      | 2.27E-03 | 4.76E-04 | 3.32E-02 |

Abbildung 26 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**2.3.6 Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)**

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Treibhauspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg CO<sub>2</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

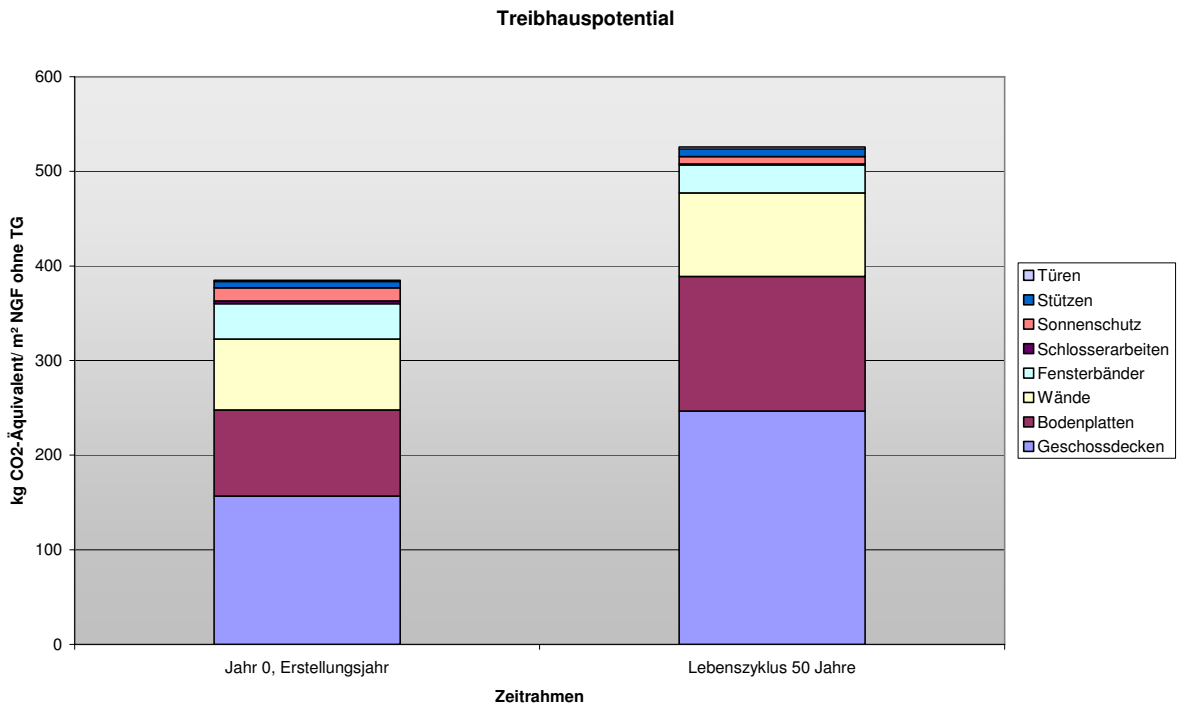


Abbildung 27 Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Treibhauspotential des Gebäudes [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-platten | Fenster-bänder | Geschoss-decken | Schlosser-arbeiten | Sonnen-schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|---------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 9.09E+01      | 3.74E+01       | 1.57E+02        | 2.74E+00           | 1.39E+01      | 6.74E+00 | 1.42E+00 | 7.50E+01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1.42E+02      | 2.96E+01       | 2.47E+02        | 1.06E+00           | 7.74E+00      | 7.89E+00 | 2.08E+00 | 8.83E+01 |

Abbildung 28 Treibhauspotential des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**2.3.7 Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)**

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonschichtzerstörungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg R<sub>11</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

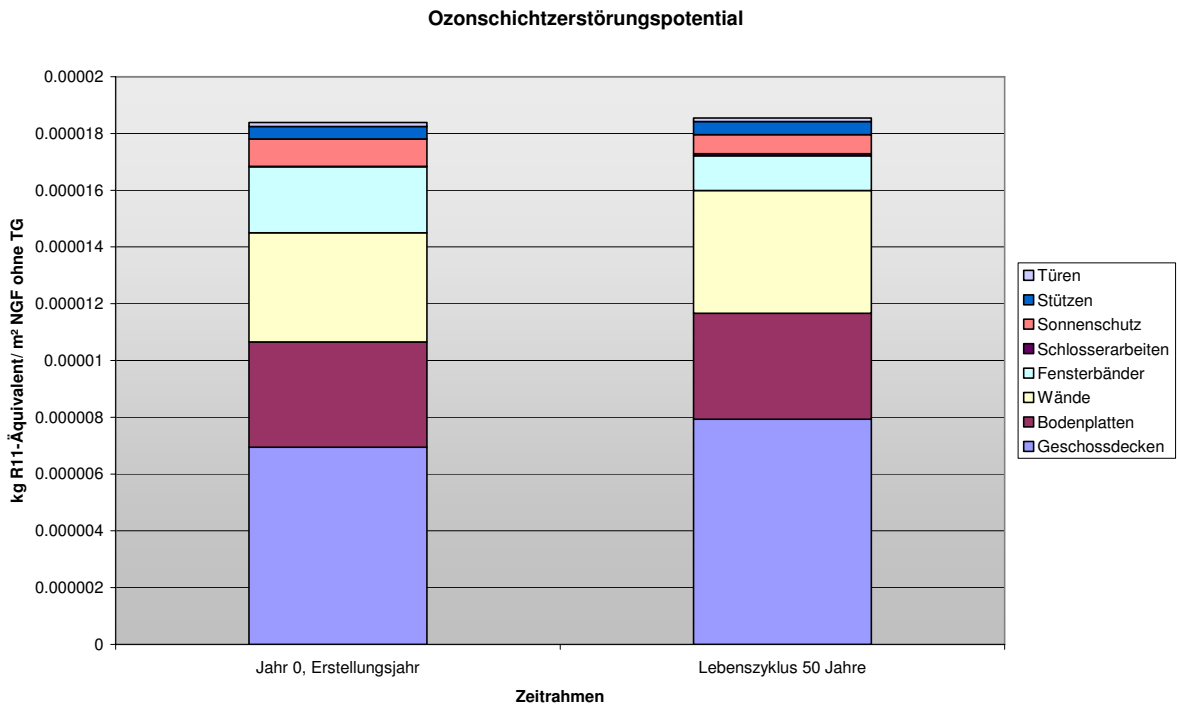


Abbildung 29 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Ozonschichtzerstörungspotential des Gebäudes [kg R11-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Bodenplatten | Fensterbänder | Geschossdecken | Schlosserarbeiten | Sonnenschutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|-------------------|--------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 3.72E-06     | 2.33E-06      | 6.95E-06       | 1.56E-08          | 9.55E-07     | 4.42E-07 | 1.41E-07 | 3.84E-06 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 3.73E-06     | 1.23E-06      | 7.94E-06       | 6.95E-08          | 6.72E-07     | 4.62E-07 | 1.28E-07 | 4.32E-06 |

Abbildung 30 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.3.8 Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonbildungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> – Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

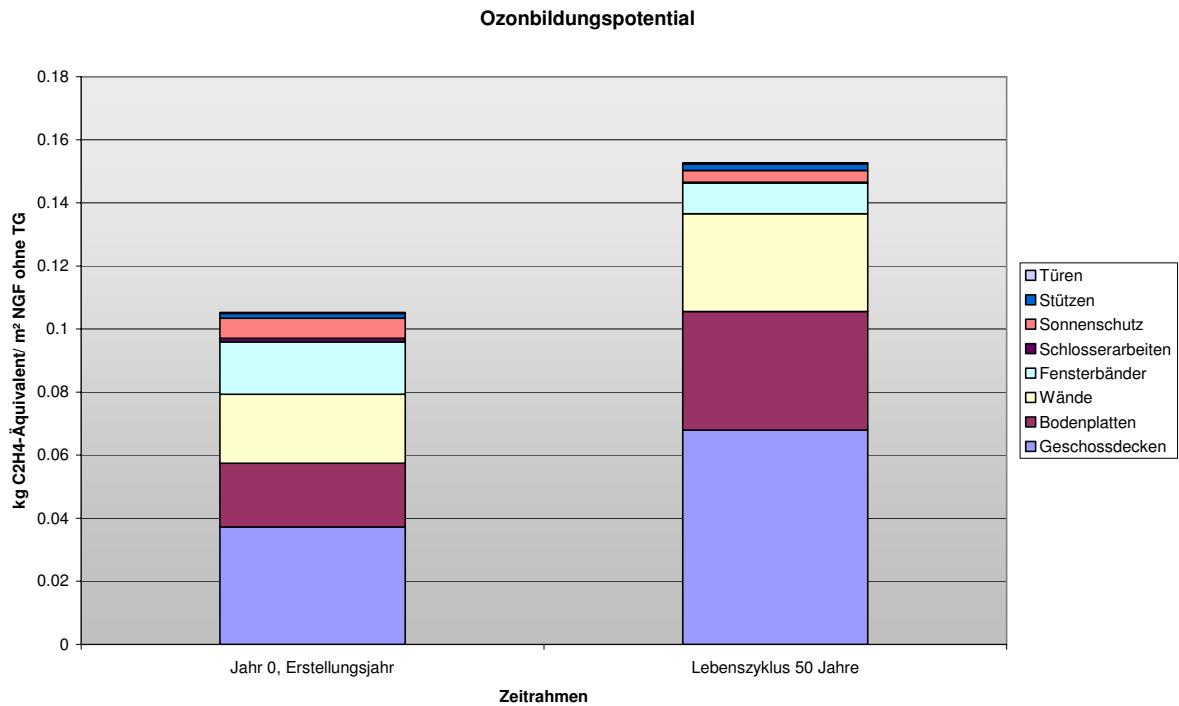


Abbildung 31 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

**Ozonbildungspotential des Gebäudes [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF ohne TG]**

|                       | Boden-<br>platten | Fenster-<br>bänder | Geschoss-<br>decken | Schlosser-<br>arbeiten | Sonnen-<br>schutz | Stützen  | Türen    | Wände    |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| Erstellungsjahr 0     | 2.02E-02          | 1.66E-02           | 3.72E-02            | 1.19E-03               | 6.33E-03          | 1.52E-03 | 3.23E-04 | 2.18E-02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 3.76E-02          | 9.73E-03           | 6.80E-02            | 2.98E-04               | 3.66E-03          | 2.08E-03 | 3.57E-04 | 3.10E-02 |

Abbildung 32 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr  
und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 3 Ökologische Wirkung nach Bauteilen

#### 3.1 Deckenbauteile

##### 3.1.1 Z-Zwo ABL1 Decke gegen AL

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo ABL1 Decke gegen AL“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                            |                      |       |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|-------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                            |                      |       |
| Bauteil-Nr.:                   | 1                          | Anzahl Schichten     | 12    |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo ABL 1 Decke gegen AL | Betrachtungszeitraum | 50    |
|                                |                            | Gesamtfläche (m²)    | 44,80 |

| Bauteiltabelle |                                   |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Nadelfilz, verklebt               | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120               | 0,54            |
| 2              | PVC-Kleber                        | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 3              | Anhydrit-Estrich                  | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100              | 73,50           |
| 4              | PE-Folie                          | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5              | zementgebundene Faserplatte       | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600               | 10,80           |
| 6              | Stahlfüße + Luftschicht           | 50              | 8,70              |                       |                   | 0,78            |
| 7              | Beton B35                         | 50              | 28,00             | 98,23%                | 2400              | 661,25          |
| 8              | Bewehrungsstahl                   | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 9              | Mineralwolle 040                  | 30              | 10,00             | 100,00%               | 20                | 2,00            |
| 10             | Luftschicht ruhend                | 30              | 5,00              | 100,00%               | 0                 | 0,00            |
| 11             | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 50              | 0,20              | 100,00%               | 2700              | 5,40            |
| 12             | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 50              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| <b>Summe:</b>  |                                   |                 |                   |                       |                   | 791,46          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 166,57                            | 9,98E-06             | 0,056  | 0,53                             | 0,037                            | 2051,8        | 347,1       | 1704,8       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 158,64                            | 8,31E-06             | 0,051  | 0,44                             | 0,064                            | 1693,7        | 207,9       | 1485,8       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |       |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 105,0% | 120,2% | 108,8% | 121,7% | 58,7% | 121,1% | 166,9% | 114,7% |
| Nutzung   | 13,5%  | 14,7%  | 15,6%  | 18,8%  | 26,3% | 16,2%  | 20,8%  | 15,5%  |
| Entsorgung  | -18,5% | -34,9% | -24,4% | -40,4% | 15,0% | -37,3% | -87,7% | -30,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.2 Z-Zwo ABL3 Decke über Keller

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo ABL3 Trennwand Beton“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                               |                                |        |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 3                             | Anzahl Schichten               | 9      |
| Bauteilname: | Z-Zwo ABL3, Decke über Keller | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|              |                               | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 142,00 |

| Bauteiltabelle |                                    |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Granit                             | 40              | 2,00              | 100,00%               | 2800                           | 56,00                        |
| 2              | Mörtelbett                         | 40              | 2,00              | 100,00%               | 2000                           | 40,00                        |
| 3              | Zementestrich                      | 40              | 6,00              | 100,00%               | 2000                           | 120,00                       |
| 4              | PE-Folie                           | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | PS 15 SE 040                       | 40              | 4,00              | 100,00%               | 15                             | 0,60                         |
| 6              | Beton B35                          | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400                           | 660,78                       |
| 7              | Bewehrungsstahl                    | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800                           | 36,47                        |
| 8              | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 10,00             | 15,00%                | 600                            | 9,00                         |
| 9              | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 10,00             | 85,00%                | 115                            | 9,78                         |
| <b>Summe:</b>  |                                    |                 |                   |                       |                                | 932,83                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 133,0   | 5,60E-06                         | 0,029  | 0,29   | 0,036  | 1362,2                    | 210,0                   | 1152,2                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 214,7   | 6,46E-06                         | 0,052  | 0,53   | 0,110  | 1857,8                    | 221,4                   | 1636,4                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 62,0% | 86,7% | 57,0% | 55,1% | 33,1% | 73,3% | 94,9% | 70,4% |
| Nutzung   | 25,1% | 14,8% | 23,1% | 29,4% | 36,3% | 23,0% | 2,3%  | 25,8% |
| Entsorgung  | 12,9% | -1,5% | 19,8% | 15,5% | 30,6% | 3,7%  | 2,8%  | 3,8%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |



### 3.1.3 Z-Zwo FD2 (Decke TG)

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FD2 (Decke TG)“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 11                   | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamtfläche (m²)    | 2353,29 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Beton B35               | 50              | 40,00             | 98,33%                | 2400              | 943,97          |
| 2             | Bewehrungsstahl         | 50              | 40,00             | 1,67%                 | 7800              | 52,10           |
| 3             | bituminöser Voranstrich | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 4             | Bauder PYE-PV 200 DD    | 30              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 5             | Bauder PYE-PV 200 S4 t  | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1050              | 4,20            |
| 6             | Gummigranulat 8 mm      | 30              | 0,80              | 100,00%               | 725               | 5,80            |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | 1015,22         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 140,0                             | 6,36E-06             | 0,029  | 1,11                             | 0,026                            | 2091,7        | 71,2        | 2020,5       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 194,9                             | 6,98E-06             | 0,048  | 2,12                             | 0,046                            | 3336,7        | 99,4        | 3237,3       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 71,8% | 91,1% | 60,9% | 52,4% | 57,4% | 62,7% | 71,6% | 62,4% |
| Nutzung   | 15,6% | 7,8%  | 12,4% | 43,4% | 7,4%  | 33,4% | 18,4% | 33,9% |
| Entsorgung  | 12,6% | 1,0%  | 26,8% | 4,2%  | 35,1% | 3,9%  | 10,0% | 3,7%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.1.4 Z-Zwo FD1 Flachdach begrünt

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt)“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                               |                      |         |
|--------------|-------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 10                            | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                               | Gesamtfläche (m²)    | 1352,16 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                   | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich           | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                     | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl               | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 4             | bituminöser Voranstrich       | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 5             | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1350              | 5,40            |
| 6             | PS 20 SE                      | 30              | 16,00             | 100,00%               | 20                | 3,20            |
| 7             | Rohglasvlies 120              | 30              | 0,08              | 100,00%               | 150               | 0,12            |
| 8             | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 30              | 0,18              | 100,00%               | 1300              | 2,34            |
| 9             | Polystervlies 300ge           | 30              | 0,30              | 100,00%               | 100               | 0,30            |
| 10            | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 30              | 12,00             | 100,00%               | 933,35            | 112,00          |
| <b>Summe:</b> |                               |                 |                   |                       |                   | 824,07          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1 m² Bauteilfläche                   |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 100,9                             | 4,49E-06             | 0,026  | 0,74                             | 0,020                            | 1453,9        | 49,2        | 1404,7       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 148,3                             | 4,93E-06             | 0,046  | 1,42                             | 0,058                            | 2369,7        | 68,5        | 2301,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 68,1% | 91,0% | 57,0% | 52,1% | 35,2% | 61,4% | 71,8% | 61,0% |
| Nutzung   | 18,2% | 8,6%  | 22,0% | 43,1% | 26,5% | 34,2% | 18,2% | 34,7% |
| Entsorgung  | 13,8% | 0,4%  | 21,0% | 4,8%  | 38,3% | 4,4%  | 10,0% | 4,2%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.5 Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |   |                                |       |
|--------------------------------|---|--------------------------------|-------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |   |                                |       |
| Bauteil-Nr.:                   | 16  | Anzahl Schichten               | 11    |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeh. Treppenhaus | Betrachtungszeitraum           | 50    |
|                                |   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 17,01 |

| Bauteiltabelle |                                    |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Nadelfilz, verklebt                | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120                            | 0,54                         |
| 2              | PVC-Kleber                         | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300                           | 0,26                         |
| 3              | Anhydrit-Estrich                   | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100                           | 73,50                        |
| 4              | PE-Folie                           | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | zementgebundene Faserplatte        | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600                            | 10,80                        |
| 6              | Stahlfüsse + Luftschicht           | 50              | 8,70              |                       |                                | 0,78                         |
| 7              | Beton B35                          | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400                           | 660,78                       |
| 8              | Bewehrungsstahl                    | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800                           | 36,47                        |
| 9              | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 10,00             | 15,00%                | 600                            | 9,00                         |
| 10             | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 10,00             | 85,00%                | 115                            | 9,78                         |
| 11             | Gipsputz                           | 50              | 1,50              | 100,00%               | 1200                           | 18,00                        |
| <b>Summe:</b>  |                                    |                 |                   |                       |                                | 820,11                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 118,1   | 6,24E-06                         | 0,030  | 0,27   | 0,032  | 1404,9                    | 250,7                   | 1154,2                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 182,5   | 8,19E-06                         | 0,052  | 0,49   | 0,079  | 2084,5                    | 469,1                   | 1615,4                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 64,7% | 76,2% | 57,5% | 56,1% | 40,4% | 67,4% | 53,4% | 71,4% |
| Nutzung   | 22,6% | 24,1% | 24,7% | 29,3% | 31,0% | 30,1% | 45,2% | 25,8% |
| Entsorgung  | 12,7% | -0,3% | 17,7% | 14,6% | 28,6% | 2,5%  | 1,4%  | 2,8%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.6 Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                                       |                                |         |
|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                                       |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                   | 17                                    | Anzahl Schichten               | 9       |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|                                |                                       | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 5325,00 |

| Bauteiltabelle |                             |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                 | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Nadelfilz, verklebt         | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120                            | 0,54                         |
| 2              | PVC-Kleber                  | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300                           | 0,26                         |
| 3              | Anhydrit-Estrich            | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100                           | 73,50                        |
| 4              | PE-Folie                    | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000                           | 0,20                         |
| 5              | zementgebundene Faserplatte | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600                            | 10,80                        |
| 6              | Stahlfüße + Luftschicht     | 50              | 8,70              |                       |                                | 0,78                         |
| 7              | Beton B35                   | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400                           | 660,78                       |
| 8              | Bewehrungsstahl             | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800                           | 36,47                        |
| 9              | Dispersionsanstrich         | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                             |                 |                   |                       |                                | 783,64                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 97,2  | 5,30E-06                         | 0,024  | 0,21   | 0,025  | 959,0                     | 80,9                    | 878,1                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 133,5   | 6,64E-06                         | 0,041  | 0,34   | 0,059  | 1372,3                    | 131,4                   | 1240,9                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 72,8% | 79,8% | 60,0% | 61,0% | 41,9% | 69,9% | 61,5% | 70,8% |
| Nutzung   | 14,4% | 19,0% | 18,2% | 21,3% | 27,0% | 22,5% | 33,2% | 21,3% |
| Entsorgung  | 12,8% | 1,3%  | 21,8% | 17,7% | 31,1% | 7,6%  | 5,2%  | 7,9%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.7 Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich)

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich)“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |  |                      |        |
|--------------------------------|--|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |  |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 18   | Anzahl Schichten     | 8      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich) | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |  | Gesamtfläche (m²)    | 482,99 |

| Bauteiltabelle |                                |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Granit                         | 40              | 2,00              | 100,00%               | 2800              | 56,00           |
| 2              | Mörtelbett                     | 40              | 2,00              | 100,00%               | 2000              | 40,00           |
| 3              | Zementestrich                  | 40              | 5,00              | 100,00%               | 2000              | 100,00          |
| 4              | PE-Folie                       | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5              | Knauff ThermTrittschalldämmung | 40              | 2,50              | 100,00%               | 15                | 0,38            |
| 6              | Beton B35                      | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 7              | Bewehrungsstahl                | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 8              | Dispersionsanstrich            | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                |                 |                   |                       |                   | 894,14          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 111,5                             | 4,64E-06             | 0,023  | 0,22                             | 0,029                            | 915,9         | 40,1        | 875,9        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 172,2                             | 5,21E-06             | 0,041  | 0,38                             | 0,089                            | 1324,9        | 50,1        | 1274,8       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 64,7% | 89,0% | 57,3% | 56,9% | 32,2% | 69,1% | 80,0% | 68,7% |
| Nutzung   | 22,6% | 10,7% | 18,5% | 24,5% | 34,7% | 21,8% | 6,5%  | 22,4% |
| Entsorgung  | 12,7% | 0,3%  | 24,2% | 18,6% | 33,1% | 9,1%  | 13,4% | 8,9%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.8 Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                                |                                |         |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 19                             | Anzahl Schichten               | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|              |                                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 4034,99 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Epoxidharz-Beschichtung | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200                           | 6,00                         |
| 2             | Beton B35               | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400                           | 660,78                       |
| 3             | Bewehrungsstahl         | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800                           | 36,47                        |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                                | 703,25                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 129,3   | 4,06E-06                         | 0,030  | 0,27   | 0,042  | 1473,6                    | 46,3                    | 1427,4                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 251,6   | 3,95E-06                         | 0,066  | 0,61   | 0,106  | 3089,1                    | 70,8                    | 3018,3                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 51,4% | 102,8% | 45,8% | 44,6% | 39,9% | 47,7% | 65,3% | 47,3% |
| Nutzung   | 41,4% | -3,5%  | 40,5% | 44,9% | 49,4% | 49,8% | 25,1% | 50,3% |
| Entsorgung  | 7,2%  | 0,7%   | 13,7% | 10,4% | 10,8% | 2,5%  | 9,5%  | 2,4%  |

- Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz
- Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen
- Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen
- AP: Versauerungspotenzial
- EP: Eutrophierungspotenzial
- GWP: Treibhauspotenzial
- ODP: Ozonschichtabbaupotenzial
- POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.9 Z-Zwo ABL2 Decke über TG, Keller

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo ABL2 Decke über TG, Keller“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                                   |                      |        |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                                   |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 2                                 | Anzahl Schichten     | 10     |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                                   | Gesamtfläche (m²)    | 982,92 |

| Bauteiltabelle |                                   |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Nadelfilz, verklebt               | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120               | 0,54            |
| 2              | PVC-Kleber                        | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 3              | Anhydrit-Estrich                  | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100              | 73,50           |
| 4              | PE-Folie                          | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5              | zementgebundene Faserplatte       | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600               | 10,80           |
| 6              | Stahlfüße + Luftschicht           | 50              | 8,70              |                       |                   | 0,78            |
| 7              | Beton B35                         | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 8              | Bewehrungsstahl                   | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 9              | Tektalan-SD Bestandteil Holzwole  | 30              | 12,50             | 12,00%                | 600               | 9,00            |
| 10             | Tektalan-SD Bestandteil Steinwole | 30              | 12,50             | 88,00%                | 115               | 12,65           |
| <b>Summe:</b>  |                                   |                 |                   |                       |                   | 804,98          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 117,9                             | 6,31E-06             | 0,031  | 0,29                             | 0,033                            | 1413,4        | 251,1       | 1162,3       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 173,5                             | 8,00E-06             | 0,052  | 0,50                             | 0,078                            | 1915,4        | 303,4       | 1612,0       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 67,9% | 78,9% | 59,2% | 57,8% | 42,4% | 73,8% | 82,8% | 72,1% |
| Nutzung   | 19,0% | 21,4% | 23,1% | 28,1% | 30,6% | 23,6% | 15,1% | 25,2% |
| Entsorgung  | 13,0% | -0,3% | 17,7% | 14,1% | 27,0% | 2,6%  | 2,1%  | 2,7%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2 Wandbauteile

#### 3.2.1 Z-Zwo AW 1 Brüstung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo AW1 Brüstung“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                     |                      |         |
|--------------------------------|---------------------|----------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                     |                      |         |
| Bauteil-Nr.:                   | 4                   | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Betrachtungszeitraum | 50      |
|                                |                     | Gesamtfläche (m²)    | 1260,00 |

| Bauteiltabelle |                                   |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Dispersionsanstrich               | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2              | Beton B35                         | 50              | 20,00             | 98,33%                | 2300              | 452,32          |
| 3              | Bewehrungsstahl                   | 50              | 20,00             | 1,67%                 | 7800              | 26,05           |
| 4              | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 30              | 12,00             | 100,00%               | 50                | 6,00            |
| 5              | Luftschicht, ruhend               | 30              | 20,00             | 100,00%               | 0                 | 0,00            |
| 6              | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 30              | 0,20              | 100,00%               | 2700              | 5,40            |
| 7              | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 30              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 8              | Aufsatz-Aluminiumblech            | 30              | 0,20              | 42,00%                | 2700              | 2,27            |
| 9              | Stahl-Unterkonstruktion           | 30              | 0,20              | 7,80%                 | 7800              | 1,23            |
| 10             | Schrauben                         | 30              |                   |                       |                   | 0,11            |
| <b>Summe:</b>  |                                   |                 |                   |                       |                   | 493,95          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1 m² Bauteilfläche                   |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 162,5                             | 9,76E-06             | 0,059  | 0,58                             | 0,033                            | 2144,1        | 406,9       | 1737,2       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 142,1                             | 8,47E-06             | 0,050  | 0,42                             | 0,036                            | 1848,9        | 256,8       | 1592,1       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 114,4% | 115,1% | 117,4% | 139,3% | 91,1%  | 116,0% | 158,5%  | 109,1% |
| Nutzung   | 26,7%  | 33,2%  | 32,1%  | 33,6%  | 23,6%  | 36,2%  | 44,2%   | 34,9%  |
| Entsorgung  | -41,1% | -48,3% | -49,5% | -72,9% | -14,8% | -52,2% | -102,6% | -44,0% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.2.2 Z-Zwo AW2 Wand gegen TG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo AW2 Wand gegen TG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                          |                      |        |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                          |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 5                        | Anzahl Schichten     | 5      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo AW 2 Wand gegen TG | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                          | Gesamtfläche (m²)    | 255,43 |

| Bauteiltabelle |                                    |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Dispersionsanstrich                | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2              | Beton B35                          | 50              | 20,00             | 98,35%                | 2300              | 452,41          |
| 3              | Bewehrungsstahl                    | 50              | 20,00             | 1,65%                 | 7800              | 25,74           |
| 4              | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 10,00             | 85,00%                | 115               | 9,78            |
| 5              | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 10,00             | 15,00%                | 600               | 9,00            |
| <b>Summe:</b>  |                                    |                 |                   |                       |                   | 497,24          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 75,7                              | 3,86E-06             | 0,018  | 0,17                             | 0,019                            | 923,1         | 196,6       | 726,5        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 116,2                             | 4,74E-06             | 0,030  | 0,29                             | 0,039                            | 1377,5        | 371,3       | 1006,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 65,2% | 81,4% | 58,4% | 56,4% | 49,2% | 67,0% | 52,9% | 72,2% |
| Nutzung   | 21,1% | 19,4% | 19,5% | 26,5% | 25,4% | 31,0% | 45,8% | 25,5% |
| Entsorgung  | 13,7% | -0,8% | 22,1% | 17,1% | 25,4% | 2,0%  | 1,2%  | 2,3%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.3 Z-Zwo FuW2 GiKa Wand

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuW2 GiKa Wand“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                                |         |
|--------------|----------------------|--------------------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 22                   | Anzahl Schichten               | 8       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|              |                      | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 3135,18 |

| Bauteiltabelle |                             |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                 | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsanstrich         | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Gipskartonplatte            | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800                            | 10,00                        |
| 3              | Gipskartonplatte            | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800                            | 10,00                        |
| 4              | Metallständer, CW Profil 50 | 50              | 5,00              |                       | 50                             | 2,50                         |
| 5              | Dämmung Mineralwolle        | 30              | 4,00              | 100,00%               | 22                             | 0,88                         |
| 6              | Gipskartonplatte            | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800                            | 10,00                        |
| 7              | Gipskartonplatte            | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800                            | 10,00                        |
| 8              | Dispersionsanstrich         | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                             |                 |                   |                       |                                | 44,00                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 15,2  | 7,65E-07                         | 0,004  | 0,04   | 0,005  | 261,5                     | 23,3                    | 238,1                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 28,9  | 1,68E-06                         | 0,005  | 0,07   | 0,017  | 491,4                     | 45,5                    | 445,9                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |        |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung   | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 55,2% |
| Entsorgung  | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.4 Z-Zwo AWE1 gegen Erdreich

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo AWE1 gegen Erdreich“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                            |                      |        |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                            |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 6                          | Anzahl Schichten     | 4      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo AWE 1 gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                            | Gesamtfläche (m²)    | 170,49 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Dispersionsanstrich   | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2              | Beton B35             | 50              | 40,00             | 98,22%                | 2300              | 903,62          |
| 3              | Bewehrungsstahl       | 50              | 40,00             | 1,78%                 | 7800              | 55,54           |
| 4              | PS-Extruderschaum 040 | 50              | 10,00             | 100,00%               | 25                | 2,50            |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                   | 961,97          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 122,7                             | 6,23E-06             | 0,027  | 0,22                             | 0,026                            | 1202,7        | 57,0        | 1145,7       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 145,0                             | 6,47E-06             | 0,040  | 0,30                             | 0,042                            | 1420,1        | 67,9        | 1352,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 84,6% | 96,4% | 67,7% | 71,7% | 61,4% | 84,7% | 83,9% | 84,7% |
| Nutzung   | 0,8%  | 1,6%  | 0,4%  | 1,1%  | 1,8%  | 3,8%  | 1,3%  | 3,9%  |
| Entsorgung  | 14,6% | 2,1%  | 31,8% | 27,2% | 36,8% | 11,5% | 14,9% | 11,4% |

- |       |   |       |                           |
|-------|---|-------|---------------------------|
| Eges: | Gesamtprimärenergieeinsatz                          | EP:   | Eutrophierungspotenzial   |
| Ene:  | Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP:  | Treibhauspotenzial        |
| Ee:   | Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen       | ODP:  | Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP:   | Versauerungspotenzial                               | POCP: | Ozonbildungspotenzial     |

### 3.2.5 Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                           |                                |         |
|--------------|---------------------------|--------------------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 7                         | Anzahl Schichten               | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|              |                           | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 2262,34 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Dispersionsanstrich | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| 2             | WU-Beton B35        | 50              | 40,00             | 98,21%                | 2300                           | 903,53                       |
| 3             | Bewehrungsstahl     | 50              | 40,00             | 1,79%                 | 7800                           | 55,85                        |
| <b>Summe:</b> |                     |                 |                   |                       |                                | 959,69                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 116,2   | 6,05E-06                         | 0,025  | 0,20   | 0,024  | 1000,9                    | 56,3                    | 944,7                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 138,5   | 6,28E-06                         | 0,037  | 0,29   | 0,041  | 1218,3                    | 67,3                    | 1151,0                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 83,9% | 96,3% | 65,8% | 70,4% | 60,3% | 82,2% | 83,7% | 82,1% |
| Nutzung   | 0,9%  | 1,6%  | 0,5%  | 1,2%  | 1,9%  | 4,4%  | 1,3%  | 4,6%  |
| Entsorgung  | 15,2% | 2,1%  | 33,8% | 28,4% | 37,8% | 13,4% | 15,0% | 13,4% |

- Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz
- Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen
- Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen
- AP: Versauerungspotenzial
- EP: Eutrophierungspotenzial
- GWP: Treibhauspotenzial
- ODP: Ozonschichtabbaupotenzial
- POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.6 Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                                 |                                |       |
|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                                 |                                |       |
| Bauteil-Nr.:                   | 21                              | Anzahl Schichten               | 5     |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeh. TH | Betrachtungszeitraum           | 50    |
|                                |                                 | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 62,69 |

| Bauteiltabelle |                                    |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsanstrich                | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Beton B35                          | 50              | 20,00             | 98,37%                | 2300                           | 452,50                       |
| 3              | Bewehrungsstahl                    | 50              | 20,00             | 1,63%                 | 7800                           | 25,43                        |
| 4              | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 10,00             | 15,00%                | 600                            | 9,00                         |
| 5              | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 10,00             | 85,00%                | 115                            | 9,78                         |
| <b>Summe:</b>  |                                    |                 |                   |                       |                                | 497,02                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 75,7  | 3,86E-06                         | 0,018  | 0,17   | 0,019  | 923,1                     | 196,6                   | 726,5                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 116,2   | 4,74E-06                         | 0,030  | 0,29   | 0,039  | 1377,9                    | 371,4                   | 1006,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 65,2% | 81,4% | 58,4% | 56,4% | 49,2% | 67,0% | 52,9% | 72,2% |
| Nutzung   | 21,1% | 19,4% | 19,5% | 26,5% | 25,4% | 31,0% | 45,8% | 25,5% |
| Entsorgung  | 13,8% | -0,8% | 22,1% | 17,2% | 25,4% | 2,0%  | 1,2%  | 2,3%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.7 Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                            |                                |         |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                            |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                   | 23                         | Anzahl Schichten               | 4       |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|                                |                            | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 3044,53 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsanstrich | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Putzmörtel Gips     | 30              | 1,50              | 100,00%               | 1400                           | 21,00                        |
| 3              | Beton B35           | 50              | 20,00             | 98,33%                | 2200                           | 432,65                       |
| 4              | Bewehrungsstahl     | 50              | 20,00             | 1,67%                 | 7800                           | 26,05                        |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 480,01                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 58,9  | 3,01E-06                         | 0,018  | 0,11   | 0,013  | 501,5                     | 26,9                    | 474,6                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 73,4  | 3,26E-06                         | 0,040  | 0,19   | 0,025  | 637,0                     | 32,6                    | 604,4                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 80,2% | 92,4% | 43,7% | 58,7% | 50,6% | 78,7% | 82,6% | 78,5% |
| Nutzung   | 4,6%  | 5,8%  | 40,2% | 19,3% | 11,0% | 8,3%  | 2,0%  | 8,6%  |
| Entsorgung  | 15,3% | 1,8%  | 16,0% | 21,9% | 38,5% | 13,0% | 15,4% | 12,9% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.2.8 Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                              |                      |         |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                              |                      |         |
| Bauteil-Nr.:                   | 24                           | Anzahl Schichten     | 2       |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Betrachtungszeitraum | 50      |
|                                |                              | Gesamtfläche (m²)    | 1853,91 |

| Bauteiltabelle |                                |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Verglasung ESG                 | 30              | 0,80              |                       | 2500              | 20,00           |
| 2              | Metallständer, Alu beschichtet | 50              | 10,00             |                       |                   | 11,76           |
| <b>Summe:</b>  |                                |                 |                   |                       |                   | 31,76           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 40,2                              | 9,98E-07             | 0,017  | 0,17                             | 0,023                            | 625,4         | 13,6        | 611,8        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 48,9                              | 2,30E-06             | 0,018  | 0,25                             | 0,040                            | 801,6         | 17,3        | 784,4        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |       |        |       |        |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |
| Erstellung  | 82,2%  | 43,5% | 92,5%  | 69,0%  | 56,9% | 78,0%  | 78,9% | 78,0%  |
| Nutzung   | 41,5%  | 39,7% | 43,1%  | 47,1%  | 48,2% | 42,4%  | 25,7% | 42,8%  |
| Entsorgung  | -23,7% | 16,8% | -35,6% | -16,1% | -5,1% | -20,4% | -4,6% | -20,8% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.3 Stützenbauteile

#### 3.3.1 Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze d=40cm

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |  |                      |        |
|--------------------------------|--|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |  |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 25   | Anzahl Schichten     | 4      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze d= 40cm         | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                | <i>Abbildung über Rechteckstütze 0,35m x 0,35m</i> | Gesamtlänge (lfm)    | 706,41 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                  |                       |                   |                  |
|----------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schicht [m³/lfm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/lfm] |
| 1              | Dispersionsanstrich | 15              | 0,0001           | 100,00%               | 1550              | 0,20             |
| 2              | Beton B95           | 50              | 0,1225           | 94,56%                | 2400              | 278,01           |
| 3              | Bewehrungsstahl     | 50              | 0,1225           | 5,44%                 | 7800              | 51,98            |
| 4              | Dispersionsanstrich | 15              | 0,0001           | 100,00%               | 1550              | 0,20             |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                  |                       |                   | 330,38           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|--|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| bezogen auf 1lfm Bauteil                         |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | ODP<br>kgR11-Äqu./lfm | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./lfm | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./lfm | Eges<br>MJ/lfm | Ee<br>MJ/lfm | Ene<br>MJ/lfm |
| Erstellungsjahr                                  | 60,6                               | 4,35E-06              | 0,014   | 0,10                              | 0,011                             | 684,5          | 47,8         | 636,7         |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 69,6                               | 4,50E-06              | 0,018   | 0,13                              | 0,020                             | 803,4          | 51,9         | 751,6         |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 87,0% | 96,5% | 77,4% | 76,8% | 54,5% | 85,2% | 92,2% | 84,7% |
| Nutzung   | 2,3%  | 2,9%  | 1,2%  | 3,3%  | 5,1%  | 8,6%  | 2,2%  | 9,0%  |
| Entsorgung  | 10,7% | 0,6%  | 21,4% | 19,9% | 40,5% | 6,2%  | 5,6%  | 6,2%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.3.2 Z-Zwo FuDA Betonstützen Rechteckstütze 35x80 cm

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FuDA Betonstützen Rechteckstütze“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                                       |                      |        |
|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                                       |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 20                                    | Anzahl Schichten     | 4      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FuDA Betonstütze Eckig 35x80 cm | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                                       | Gesamtlänge (lfm)    | 339,45 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                  |                       |                   |                  |
|----------------|---------------------|-----------------|------------------|-----------------------|-------------------|------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schicht [m³/lfm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/lfm] |
| 1              | Dispersionsanstrich | 15              | 0,0003           | 100,00%               | 1550              | 0,44             |
| 2              | Beton B95           | 50              | 0,2800           | 97,67%                | 2400              | 656,34           |
| 3              | Bewehrungsstahl     | 50              | 0,2800           | 2,33%                 | 7800              | 50,89            |
| 4              | Dispersionsanstrich | 15              | 0,0003           | 100,00%               | 1550              | 0,44             |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                  |                       |                   | 708,12           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|--|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| bezogen auf 1lfm Bauteil                         |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | ODP<br>kgR11-Äqu./lfm | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./lfm | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./lfm | Eges<br>MJ/lfm | Ee<br>MJ/lfm | Ene<br>MJ/lfm |
| Erstellungsjahr                                  | 89,7                               | 5,10E-06              | 0,019   | 0,16                              | 0,018                             | 847,0          | 50,0         | 797,0         |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 107,5                              | 5,42E-06              | 0,029   | 0,22                              | 0,032                             | 1082,5         | 59,0         | 1023,5        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 83,4% | 94,1% | 67,7% | 70,4% | 57,4% | 78,2% | 84,8% | 77,9% |
| Nutzung   | 2,6%  | 4,2%  | 1,4%  | 3,5%  | 5,5%  | 11,2% | 3,4%  | 11,6% |
| Entsorgung  | 14,0% | 1,6%  | 30,9% | 26,2% | 37,2% | 10,6% | 11,9% | 10,5% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.4 Fensterbauteile

#### 3.4.1 Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                              |                                |        |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                              |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 12                           | Anzahl Schichten               | 8      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                |                              | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 698,39 |

| Bauteiltabelle |   |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung   | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Verglasung, Glastype GT4 8mm 8 VSG (4,0/0,76 OPBV-Folie/4) mm                 | 25              | 0,80              | 79,70%                | 2500                           | 15,94                        |
| 2              | Luftschicht ruhend  | 25              | 1,60              | 79,70%                | 0                              | 0,00                         |
| 3              | Verglasung, Floatglasscheibe  | 25              | 0,40              | 79,70%                | 2500                           | 7,97                         |
| 4              | thermisch getrenntes Aluprofil Typ Schüco Royal S70.1, 5,93 kg/m <sup>2</sup> | 50              | 0,22              |                       |                                | 5,93                         |
| 5              | Stahlkern des Aluprofils 13,67 kg/m <sup>2</sup>                              | 50              | 0,18              |                       |                                | 13,67                        |
| 6              | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM   | 25              | 0,10              | 18,00%                | 1150                           | 0,21                         |
| 7              | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR  | 25              | 0,10              | 4,50%                 | 1500                           | 0,07                         |
| 8              | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn  | 25              | 0,01              | 23,00%                | 1300                           | 0,03                         |
| <b>Summe:</b>  |   |                 |                   |                       |                                | 43,81                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 121,7   | 6,28E-06                         | 0,053  | 0,54   | 0,041  | 1936,9                    | 308,0                   | 1628,8                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 107,8   | 4,11E-06                         | 0,034  | 0,43   | 0,056  | 1101,5                    | 102,6                   | 998,9                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |         |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges    | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 112,9% | 152,8% | 159,1% | 127,2% | 72,7%  | 175,8%  | 300,1%  | 163,1% |
| Nutzung   | 36,1%  | 21,9%  | 31,4%  | 40,6%  | 46,4%  | 27,0%   | 4,3%    | 29,4%  |
| Entsorgung  | -49,0% | -74,7% | -90,5% | -67,8% | -19,1% | -102,9% | -204,4% | -92,4% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.2 Z-Zwo FF1 Fensterband OG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FF1 Fensterband OG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                          |                      |         |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                          |                      |         |
| Bauteil-Nr.:                   | 13                       | Anzahl Schichten     | 7       |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|                                |                          | Gesamtfläche (m²)    | 2476,09 |

| Bauteiltabelle |  |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Verglasung, Glastyp GT1 6mm  | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 2              | Luftschicht ruhend   | 25              | 1,60              | 70,50%                | 0                 | 0,00            |
| 3              | Verglasung, Glastyp GT1 6mm  | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 4              | thermisch getrenntes Aluprofil<br>Typ Schüco Royal S70.1, 8,75 kg/m2 | 50              | 0,32              |                       | 2700              | 8,75            |
| 5              | Abdichtungsbahn NOVWall EPDM   | 25              | 0,10              | 25,40%                | 1150              | 0,29            |
| 6              | Abdichtungsbahn NOVWall IIR  | 25              | 0,10              | 6,30%                 | 1500              | 0,09            |
| 7              | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn                                       | 25              | 0,01              | 29,50%                | 1300              | 0,04            |
| <b>Summe:</b>  |  |                 |                   |                       |                   | 30,32           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 129,8                             | 8,45E-06             | 0,058  | 0,61                             | 0,038                            | 2114,9        | 435,5       | 1679,4       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 99,6                              | 4,22E-06             | 0,033  | 0,40                             | 0,049                            | 1085,3        | 131,9       | 953,3        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |        |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP     | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
| Erstellung  | 130,3% | 200,4%  | 174,3%  | 153,4% | 76,5%  | 194,9%  | 330,1%  | 176,2%  |
| Nutzung   | 35,0%  | 19,2%   | 28,6%   | 38,4%  | 46,6%  | 25,2%   | 3,0%    | 28,3%   |
| Entsorgung  | -65,3% | -119,6% | -103,0% | -91,8% | -23,1% | -120,1% | -233,1% | -104,4% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.5 Bauteile Bodenplatte

#### 3.5.1 Z-Zwo BoPI 1 Bodenplatte

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo BoPI1 Bodenplatte“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                          |                      |        |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                          |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 8                        | Anzahl Schichten     | 6      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo BoPI 1 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                          | Gesamtfläche (m²)    | 141,67 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Betonwerksteinplatten | 50              | 3,50              | 100,00%               | 2000              | 70,00           |
| 2              | Zementmörtel          | 50              | 5,00              | 100,00%               | 2000              | 100,00          |
| 3              | PE-Folie              | 50              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 4              | Schaumglas 055        | 50              | 10,00             | 100,00%               | 120               | 12,00           |
| 5              | WU-Beton B35          | 50              | 70,00             | 98,34%                | 2400              | 1652,11         |
| 6              | Bewehrungsstahl       | 50              | 70,00             | 1,66%                 | 7800              | 90,64           |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                   | 1924,95         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 259,8                             | 1,36E-05             | 0,062  | 0,48                             | 0,059                            | 2321,9        | 122,9       | 2198,9       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 301,8                             | 1,38E-05             | 0,085  | 0,63                             | 0,097                            | 2624,4        | 141,2       | 2483,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 86,1% | 98,5% | 72,4% | 75,4% | 61,2% | 88,5% | 87,1% | 88,6% |
| Nutzung   | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  |
| Entsorgung  | 13,9% | 1,5%  | 27,6% | 24,6% | 38,8% | 11,5% | 12,9% | 11,4% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.5.2 Z-Zwo BoPI 2 Bodenplatte

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo BoPI2 Bodenplatte“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 9                        | Anzahl Schichten     | 4       |
| Bauteilname: | Z-Zwo BoPI 2 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamtfläche (m²)    | 3783,55 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | OS 11 Beschichtung Epoxidharz  | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35                      | 50              | 70,00             | 98,33%                | 2400              | 1651,94         |
| 3             | Bewehrungsstahl                | 50              | 70,00             | 1,67%                 | 7800              | 91,18           |
| 4             | Magerbetonplombe (teilbereich) | 50              | 90,00             | 1,77%                 | 2100              | 33,45           |
| <b>Summe:</b> |                                |                 |                   |                       |                   | 1782,58         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 251,3                             | 1,02E-05             | 0,056  | 0,48                             | 0,069                            | 2483,7        | 101,9       | 2381,7       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 396,7                             | 1,02E-05             | 0,105  | 0,91                             | 0,152                            | 4272,7        | 137,1       | 4135,6       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 63,3% | 99,8% | 53,2% | 53,4% | 45,3% | 58,1% | 74,4% | 57,6% |
| Nutzung   | 26,3% | -1,3% | 25,3% | 30,0% | 34,7% | 36,0% | 13,0% | 36,7% |
| Entsorgung  | 10,4% | 1,5%  | 21,4% | 16,6% | 20,0% | 5,9%  | 12,6% | 5,7%  |

- |       |   |       |                           |
|-------|---|-------|---------------------------|
| Eges: | Gesamtprimärenergieeinsatz                          | EP:   | Eutrophierungspotenzial   |
| Ene:  | Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP:  | Treibhauspotenzial        |
| Ee:   | Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen       | ODP:  | Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP:   | Versauerungspotenzial                               | POCP: | Ozonbildungspotenzial     |

### 3.6 Bauteile Sonnenschutz

#### 3.6.1 Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                           |                      |        |
|--------------------------------|---------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                           |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 14                        | Anzahl Schichten     | 1      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                |                           | Gesamtlänge (lfm)    | 149,16 |

| Bauteiltabelle |                                   |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Alu-Flachlamelle für Sonnenschutz | 25              | 0,15              | 100,00%               | 2700                           | 4,00                         |
|                |                                   |                 |                   |                       | <b>Summe:</b>                  | 4,00                         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|--|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| bezogen auf 1lfm Bauteil                         |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | ODP<br>kgR11-Äqu./lfm | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./lfm | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./lfm | Eges<br>MJ/lfm | Ee<br>MJ/lfm | Ene<br>MJ/lfm |
| Erstellungsjahr                                  | 171,6                              | 1,18E-05              | 0,078   | 0,77                              | 0,029                             | 2736,1         | 688,6        | 2047,6        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,8                               | 8,32E-06              | 0,045   | 0,30                              | 0,011                             | 1723,7         | 396,8        | 1326,9        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |        |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | GWP     | ODP    | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee      | Ene     |
| Erstellung  | 179,2%  | 142,3% | 172,8%  | 258,9%  | 268,3%  | 158,7%  | 173,5%  | 154,3%  |
| Nutzung   | 50,0%   | 50,0%  | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   |
| Entsorgung  | -129,2% | -92,3% | -122,8% | -208,9% | -218,3% | -108,7% | -123,5% | -104,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6.2 Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "Züblin Z-Zwo"

|              |                           |                      |         |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 15                        | Anzahl Schichten     | 1       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                           | Gesamtlänge (lfm)    | 1084,04 |

**Bauteiltabelle**

| Schicht-Nr. | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1           | Alu-Flachlamelle für Sonnenschutz | 25              | 0,15              | 100,00                | 2700                           | 4,00                         |
|             |                                   |                 |                   |                       | <b>Summe:</b>                  | 4,00                         |

**Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien**

bezogen auf 1lfm Bauteil

|                          | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | ODP<br>kgR11-Äqu./lfm | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./lfm | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./lfm | Eges<br>MJ/lfm | Ee<br>MJ/lfm | Ene<br>MJ/lfm |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| Erstellungsjahr          | 115,2                              | 7,94E-06              | 0,053   | 0,52                              | 0,020                             | 1837,1         | 462,3        | 1374,8        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre | 64,3                               | 5,58E-06              | 0,030   | 0,20                              | 0,007                             | 1157,3         | 266,4        | 890,9         |

**Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus**

|            | GWP     | ODP    | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee      | Ene     |
|------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Erstellung | 179,2%  | 142,3% | 172,8%  | 258,9%  | 268,3%  | 158,7%  | 173,5%  | 154,3%  |
| Nutzung    | 50,0%   | 50,0%  | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   |
| Entsorgung | -129,2% | -92,3% | -122,8% | -208,9% | -218,3% | -108,7% | -123,5% | -104,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.7 Schlosserarbeiten

#### 3.7.1 Z-Zwo SA Schlosserarbeiten

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo Schlosserarbeiten“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                            |                      |    |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------|----|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                            |                      |    |
| Bauteil-Nr.:                   | 27                         | Anzahl Schichten     | 2  |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo SA Schlosserarbeiten | Betrachtungszeitraum | 50 |
|                                |                            |                      | 1  |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung          | Lebensdauer [a] | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg] |
|---------------|----------------------|-----------------|--------------------------------|--------------|
| 1             | Stahlblech, verzinkt | 50              | 7800                           | 16719,64     |
| 2             | Edelstahl            | 50              | 7800                           | 813,23       |
| <b>Summe:</b> |                      |                 |                                | 17532,87     |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| bezogen auf Schlosserarbeiten gesamt             |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu. | ODP<br>kgR11-Äqu. | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu. | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu. | Eges<br>MJ | Ee<br>MJ | Ene<br>MJ |
| Erstellungsjahr                                  | 29763,9                        | 1,69E-04          | 12,901  | 81,38                         | 7,685                         | 415296,2   | 13747,0  | 401549,2  |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 11512,2                        | 7,55E-04          | 3,240   | 18,68                         | 1,905                         | 169643,2   | 12607,4  | 157035,8  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |       |         |         |         |         |        |         |
|---|---------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
|   | GWP     | ODP   | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee     | Ene     |
| Erstellung  | 258,5%  | 22,4% | 398,2%  | 435,7%  | 403,3%  | 244,8%  | 109,0% | 255,7%  |
| Nutzung   | 0,0%    | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%   | 0,0%    |
| Entsorgung  | -158,5% | 77,6% | -298,2% | -335,7% | -303,3% | -144,8% | -9,0%  | -155,7% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.8 Türelemente

#### 3.8.1 Z-Zwo Hartholztüren Innenraum

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „Z-Zwo Hartholztüren Innenraum“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                |                               |                                |        |
|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "Züblin Z-Zwo" |                               |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                   | 26                            | Anzahl Schichten               | 1      |
| Bauteilname:                   | Z-Zwo Hartholztüren Innenraum | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                |                               | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 620,87 |

| Bauteiltabelle |             |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Hartholztür | 50              | 4,50              | 100,00%               | 450                            | 20,25                        |
| <b>Summe:</b>  |             |                 |                   |                       |                                | 20,25                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 24,8  | 2,46E-06                         | 5,65E-03   | 4,49E-02                                     | 5,06E-03                                     | 6,25E+02                  | 2,36E+02                | 3,89E+02                 |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 36,4  | 2,23E-06                         | 6,24E-03   | 6,53E-02                                     | 8,32E-03                                     | 5,01E+02                  | 2,35E+02                | 2,66E+02                 |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |        |        |        |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 68,2% | 110,3% | 90,6% | 68,9% | 60,8% | 124,6% | 100,5% | 145,9% |
| Nutzung   | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%   |
| Entsorgung  | 31,8% | -10,3% | 9,4%  | 31,1% | 39,2% | -24,6% | -0,5%  | -45,9% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

## 4 Ökologische Wirkung der TGA

### 4.1 Z-Zwo Elektro

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Elektro“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "TGA-Elektro"                                  |                     |           |                    |                 |           |           |           |           |  |
|--|---------------------|-----------|--------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Name   | Lebensdauer (Jahre) | Länge (m) | Materialien gesamt |                 |           |           |           |           |  |
|  |                     |           | Kupfer (kg)        | Isolierung (kg) |           |           |           |           |  |
| NYJ-J Starkstromkabel mit PVC-Isolierung                                 | 50                  | 1730      | 1107               | 914             |           |           |           |           |  |
| NYM-J PVC-Mantelleitung  | 50                  | 58621     | 3979               | 6597            |           |           |           |           |  |
| NYCWY-J Starkstromkabel mit PVC-Isolierung                               | 50                  | 680       | 1031               | 525             |           |           |           |           |  |
| NHXHX Halogenfreies Starkstromkabel mit Isolations- und Funktionserhalt  | 50                  | 3400      | 195                | 1134            |           |           |           |           |  |
| NHXCHX Halogenfreies Starkstromkabel mit Isolations- und Funktionserhalt | 50                  | 200       | 13                 | 48              |           |           |           |           |  |
| J-Y(St) Y Fernsprech-Installationskabel mit statischen Schirm            | 50                  | 12200     | 451                | 582             |           |           |           |           |  |
| <b>Summe</b>   |                     |           | <b>6776</b>        | <b>9800</b>     |           |           |           |           |  |
| ökologische Wirkung des Bauteils "TGA-Elektro" nach Kategorien           |                     |           |                    |                 |           |           |           |           |  |
|  | Eges                | Ene       | Ee                 | GWP             | ODP       | AP        | EP        | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0  | 9,486E+05           | 8,859E+05 | 6,274E+04          | 5,587E+04       | 2,532E-03 | 2,495E+02 | 1,696E+01 | 1,802E+01 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 6,892E+05           | 6,788E+05 | 1,038E+04          | 5,589E+04       | 2,671E-03 | 1,384E+01 | 1,206E+01 | 1,449E+00 |  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 33 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Elektro“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 4.2 Lüftung

### 4.2.1 Z-Zwo Lüftung, Ablüfter

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Lüftung, Ablüfter“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "TGA-Lüftung, Ablüfter"                        |           |                     |                   |                    |           |           |           |           |  |
|--|-----------|---------------------|-------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
|  |           |                     |                   | Materialien gesamt |           |           |           |           |  |
| Name   |           | Lebensdauer (Jahre) | Stückzahl (Stück) | Stahl (kg)         |           |           |           |           |  |
| Ablüfter   |           | 15                  | 16                | 1972               |           |           |           |           |  |
| <b>Summe</b>   |           |                     |                   | <b>1972</b>        |           |           |           |           |  |
| ökologische Wirkung des Bauteils "TGA-Lüftung, Ablüfter" nach Kategorien |           |                     |                   |                    |           |           |           |           |  |
|  | Eges      | Ene                 | Ee                | AP                 | EP        | GWP       | ODP       | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0  | 4,799E+04 | 4,645E+04           | 1,538E+03         | 3,443E+03          | 1,319E-05 | 9,491E+00 | 8,983E-01 | 1,504E+00 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 9,242E+04 | 8,638E+04           | 6,042E+03         | 6,672E+03          | 3,554E-04 | 1,284E+01 | 1,252E+00 | 2,000E+00 |  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 34 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Lüftung, Ablüfter“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

#### 4.2.2 Z-Zwo Lüftung, Rohrleitungen

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Lüftung, Rohrleitungen“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "TGA-Lüftung, Rohrleitungen"                        |                     |           |                            |           |           |                                |           |           |  |
|---|---------------------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|--|
| Name  |                     |           | Materialien gesamt         |           |           |                                |           |           |  |
|   | Lebensdauer (Jahre) | Menge     | verzinktes Stahlblech (kg) |           |           | Silikat-Brandschutzplatte (kg) |           |           |  |
| Wickelfalzrohre (Menge in m)  | 50                  | 670       | 8351                       |           |           |                                |           |           |  |
| Kanal, verzinktes Stahlblech (Menge in m <sup>2</sup> )                       | 50                  | 893       |                            |           |           |                                |           |           |  |
| Promatverkleidung (Menge in kg)   | 50                  | 1252      |                            |           |           | 1252                           |           |           |  |
| <b>Summe</b>  |                     |           | <b>8351</b>                |           |           | <b>1252</b>                    |           |           |  |
| ökologische Wirkung des Bauteils "TGA-Lüftung, Rohrleitungen" nach Kategorien |                     |           |                            |           |           |                                |           |           |  |
|   | Eges                | Ene       | Ee                         | GWP       | ODP       | AP                             | EP        | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0   | 3,054E+05           | 2,939E+05 | 1,158E+04                  | 2,292E+04 | 7,013E-04 | 5,505E+01                      | 5,081E+00 | 7,913E+00 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 2,001E+05           | 1,887E+05 | 1,146E+04                  | 1,545E+04 | 1,021E-03 | 2,853E+01                      | 2,722E+00 | 3,669E+00 |  |

- Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]
- Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]
- Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]
- AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]
- EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]
- GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]
- ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]
- POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 35 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Lüftung, Rohrleitungen“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 4.3 Z-Zwo Kühlung, Kältesplitgeräte

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Kühlung, Kältesplitgeräte“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "TGA-Kühlung, Kältesplitgeräte"                        |           |           |           |                     |            |           |                    |           |  |
|--|-----------|-----------|-----------|---------------------|------------|-----------|--------------------|-----------|--|
|  |           |           |           |                     |            |           | Materialien gesamt |           |  |
| Name   |           |           |           | Lebensdauer (Jahre) | Stahl (kg) | PVC (kg)  |                    |           |  |
| Stahl  |           |           |           | 15                  | 300        |           |                    |           |  |
| PVC  |           |           |           | 15                  |            | 88        |                    |           |  |
| <b>Summe</b>   |           |           |           |                     | <b>300</b> | <b>88</b> |                    |           |  |
| ökologische Wirkung des Bauteils "TGA-Kühlung, Kältesplitgeräte" nach Kategorien |           |           |           |                     |            |           |                    |           |  |
|  | Eges      | Ene       | Ee        | AP                  | EP         | GWP       | ODP                | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0  | 1,167E+04 | 1,133E+04 | 3,329E+02 | 7,348E+02           | 1,133E-05  | 2,360E+00 | 2,087E-01          | 2,993E-01 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,879E+04 | 2,781E+04 | 9,801E+02 | 2,246E+03           | 7,808E-05  | 5,252E+00 | 4,311E-01          | 5,153E-01 |  |

- |   |  |
|---|--|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]                         | EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO <sub>4</sub> -Äqu.]               |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ] | GWP: Treibhauspotenzial [kg CO <sub>2</sub> -Äqu.]                   |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R <sub>11</sub> -Äqu.]            |
| AP: Versauerungspotenzial [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent]    | POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu.] |

Abbildung 36 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Kühlung, Kältesplitgeräte“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



#### 4.4.2 Z-Zwo Wärme, Verteilungsrohre Heizung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Wärme, Verteilungsrohre Heizung“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils TGA-Wärme Verteilungsrohre Heizung |                     |                    |                   |           |                        |                 |                |           |
|--|---------------------|--------------------|-------------------|-----------|------------------------|-----------------|----------------|-----------|
| Name   | Lebensdauer (Jahre) | Materialien gesamt |                   |           |                        |                 |                |           |
|  |                     | Stahl (kg)         | Mineralwolle (kg) | PVC (kg)  | Polyethylenschaum (kg) | Stahlblech (kg) | Aluminium (kg) |           |
| Stahl, rohschwarz  | 50                  | 10857              |                   |           |                        |                 |                |           |
| Mineralwolle   | 50                  |                    | 141               |           |                        |                 |                |           |
| PVC (Ummantelung)  | 50                  |                    |                   | 50        |                        |                 |                |           |
| Polyethylenschaum  | 50                  |                    |                   |           | 346,5                  |                 |                |           |
| Stahlblech, verzinkt   | 50                  |                    |                   |           |                        | 28              |                |           |
| Alu (Kaschierung)  | 50                  |                    |                   |           |                        |                 | 32             |           |
| <b>Summe</b>   |                     | <b>10857</b>       | <b>141</b>        | <b>50</b> | <b>346,5</b>           | <b>28</b>       | <b>32</b>      |           |
| Bestandteile des Bauteils TGA-Wärme Verteilungsrohre Heizung |                     |                    |                   |           |                        |                 |                |           |
|  | Eges                | Ene                | Ee                | AP        | EP                     | GWP             | ODP            | POCP      |
| Erstellungsjahr 0  | 7,963E+05           | 7,108E+05          | 8,552E+04         | 5,171E+04 | 4,335E-03              | 2,826E+02       | 1,298E+02      | 1,718E+01 |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 1,448E+05           | 1,367E+05          | 8,078E+03         | 9,554E+03 | 4,980E-04              | 1,457E+01       | 1,671E+00      | 2,785E+00 |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 38 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Wärme, Verteilungsrohre Heizung“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

#### 4.4.3 Z-Zwo Wärme, Heizkörper

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Wärme, Heizkörper“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "TGA-Wärme,Heizkörper"                        |                     |                   |              |           |                    |           |           |           |  |
|---|---------------------|-------------------|--------------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|--|
|   |                     |                   |              |           | Materialien gesamt |           |           |           |  |
| Name  | Lebensdauer (Jahre) | Stückzahl (Stück) | Stahl (kg)   |           |                    |           |           |           |  |
| Heizkörper  | 50                  | 788               | 13090        |           |                    |           |           |           |  |
| <b>Summe</b>  |                     |                   | <b>13090</b> |           |                    |           |           |           |  |
| ökologische Wirkung des Bauteils "TGA-Wärme,Heizkörper" nach Kategorien |                     |                   |              |           |                    |           |           |           |  |
|   | Eges                | Ene               | Ee           | AP        | EP                 | GWP       | ODP       | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0   | 3,186E+05           | 3,084E+05         | 1,021E+04    | 2,285E+04 | 8,754E-05          | 6,300E+01 | 5,963E+00 | 9,981E+00 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 1,491E+05           | 1,391E+05         | 1,002E+04    | 1,076E+04 | 6,027E-04          | 2,019E+01 | 1,971E+00 | 3,141E+00 |  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 39 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Wärme, Heizkörper“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



## 4.5 Trinkwasser

### 4.5.1 Z-Zwo Trinkwasser, Untertisch WW Bereiter

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Trinkwasser, Untertisch WW Bereiter“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "Trinkwasser, Untertisch WW-Bereiter"                        |                     |            |           |           |           |           |           |           |
|--|---------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Name   | Lebensdauer (Jahre) | Material   |           |           |           |           |           |           |
|  |                     | Stahl (kg) | PVC (kg)  |           |           |           |           |           |
| Stahl  | 15                  | 78         |           |           |           |           |           |           |
| PVC  | 15                  |            | 21        |           |           |           |           |           |
| <b>Summe</b>   |                     | <b>78</b>  | <b>21</b> |           |           |           |           |           |
| ökologische Wirkung des Bauteils "Trinkwasser, Untertisch WW-Bereiter" nach Kategorien |                     |            |           |           |           |           |           |           |
|  | Eges                | Ene        | Ee        | AP        | EP        | GWP       | ODP       | POCP      |
| Erstellungsjahr 0  | 2,940E+03           | 2,855E+03  | 8,443E+01 | 1,865E+02 | 2,746E-06 | 5,941E-01 | 5,271E-02 | 7,632E-02 |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 7,135E+03           | 6,883E+03  | 2,522E+02 | 5,540E+02 | 1,966E-05 | 1,285E+00 | 1,061E-01 | 1,284E-01 |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 40 Bestandteile und ökologische Wirkungen des Bauteils „Wärme, Heizkörper“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

#### 4.5.2 Z-Zwo Trinkwasser, Verteilungsrohre Kaltwasser

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Trinkwasser, Verteilungsrohre Kaltwasser“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils TGA-Trinkwasser Verteilungsrohre Kaltwasser |                     |                    |                   |                |           |            |           |           |  |
|---|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-----------|------------|-----------|-----------|--|
|   |                     | Materialien gesamt |                   |                |           |            |           |           |  |
| Name  | Lebensdauer (Jahre) | Kupfer (kg)        | Mineralwolle (kg) | Aluminium (kg) |           |            |           |           |  |
| Kupfer  | 50                  | 559                |                   |                |           |            |           |           |  |
| Mineralwolle  | 50                  |                    | 53                |                |           |            |           |           |  |
| Alu (Kaschierung)   | 50                  |                    |                   | 32             |           |            |           |           |  |
| <b>Summe</b>  |                     | <b>559</b>         | <b>53</b>         | <b>32</b>      |           |            |           |           |  |
| Bestandteile des Bauteils TGA-Trinkwasser Verteilungsrohre Kaltwasser |                     |                    |                   |                |           |            |           |           |  |
|   | Eges                | Ene                | Ee                | AP             | EP        | GWP        | ODP       | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0   | 2,347E+04           | 2,109E+04          | 2,377E+03         | 1,529E+03      | 1,658E-04 | 7,717E+00  | 6,615E-01 | 6,274E-01 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 1,210E+04           | 1,223E+04          | -1,278E+02        | 7,385E+02      | 1,597E-04 | -1,158E+00 | 4,679E-01 | 2,350E-03 |  |

- Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]
- Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]
- Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]
- AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]
- EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]
- GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]
- ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]
- POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 41 Bestandteile und ökologische Wirkungen des „Trinkwasser, Verteilungsrohre Kaltwasser“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 4.6 Schmutzwasser

### 4.6.1 Z-Zwo Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils "Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre"                        |                     |           |           |           |                    |           |           |           |
|--|---------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
| Name   | Lebensdauer (Jahre) |           | Menge (m) |           | Materialien gesamt |           |           |           |
|  |                     |           |           |           | Gusseisen (kg)     |           |           |           |
| Schmutzwasserrohre Gusseisen   | 50                  |           | 375       |           | 4985               |           |           |           |
| <b>Summe</b>   |                     |           |           |           | <b>4985</b>        |           |           |           |
| ökologische Wirkung des Bauteils "Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre" nach Kategorien |                     |           |           |           |                    |           |           |           |
|  | Eges                | Ene       | Ee        | AP        | EP                 | GWP       | ODP       | POCP      |
| Erstellungsjahr 0  | 9,583E+04           | 9,192E+04 | 3,916E+03 | 9,367E+03 | 4,489E-04          | 1,324E+01 | 1,228E+00 | 1,495E+00 |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 9,583E+04           | 9,192E+04 | 3,916E+03 | 9,367E+03 | 4,489E-04          | 1,324E+01 | 1,228E+00 | 1,495E+00 |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 42 Bestandteile und ökologische Wirkungen des „Schmutzwasser, Schmutzwasserrohre“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

#### 4.7 Transport, Aufzüge

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der ökologischen Wirkungen des Bauteils „Transport, Aufzüge“ des Gebäudes. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

| Bestandteile des Bauteils TGA-Transport Doppelaufzüge, Schachteinbauten und Gegengewicht |           |           |                     |           |           |              |                    |           |  |
|--|-----------|-----------|---------------------|-----------|-----------|--------------|--------------------|-----------|--|
|  |           |           |                     |           |           |              | Materialien gesamt |           |  |
| Name   |           |           | Lebensdauer (Jahre) |           |           | Stahl(kg)    | Glas (kg)          |           |  |
| Stahl  |           |           | 15                  |           |           | 16200        |                    |           |  |
| Glas   |           |           | 15                  |           |           |              | 9600               |           |  |
| <b>Summe</b>   |           |           |                     |           |           | <b>16200</b> | <b>9600</b>        |           |  |
| Bestandteile des Bauteils TGA-Transport Doppelaufzüge, Schachteinbauten und Gegengewicht |           |           |                     |           |           |              |                    |           |  |
|  | Eges      | Ene       | Ee                  | AP        | EP        | GWP          | ODP                | POCP      |  |
| Erstellungsjahr 0  | 5,639E+05 | 5,490E+05 | 1,487E+04           | 3,809E+04 | 5,682E-04 | 1,369E+02    | 1,615E+01          | 1,617E+01 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 1,522E+06 | 1,466E+06 | 5,577E+04           | 1,013E+05 | 4,522E-03 | 3,524E+02    | 4,755E+01          | 3,468E+01 |  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz [MJ]

EP: Eutrophierungspotenzial [kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen [MJ]

GWP: Treibhauspotenzial [kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen [MJ]

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial [kg R<sub>11</sub>-Äqu.]

AP: Versauerungspotenzial [kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent]

POCP: Ozonbildungspotenzial [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]

Abbildung 43 Bestandteile und ökologische Wirkungen des „Transport, Aufzüge“ des Gebäudes Z-Zwo, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 14040:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [2] DIN EN ISO 14044:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [3] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001

## 6 Bauteilflächen des Gebäudes Z-Zwo

Die nachfolgende Abbildung erhält eine Darstellung der Bauteilflächen des Gebäudes Z-Zwo.

| Bauteilname                                  | Fläche (m <sup>2</sup> ) /<br>laufende Meter (lfm) |
|--|--|
| Z-Zwo ABL1 Decke gegen AL                    | 44,80 m <sup>2</sup>                               |
| Z-Zwo ABL2 Decke über TG, Keller             | 982,92 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo ABL3 Decke über Keller                 | 142,00 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo AW1 Brüstung                           | 1260,00 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo AW2 Wand gegen TG                      | 255,43 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo AWE1 gegen Erdreich                    | 170,49 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich                    | 2262,34 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo BoPI 1 Bodenplatte                     | 141,67 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo BoPI 2 Bodenplatte                     | 3783,55 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt)                | 1352,16 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FD2 (Decke TG)                         | 2353,29 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG                 | 698,39 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo FF2 Fensterband OG                     | 2476,09 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG                    | 149,16 lfm   |
| Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG                    | 1084,04 lfm  |
| Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeh. Treppenhaus    | 17,01 m <sup>2</sup>                               |
| Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)        | 5325,00 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich) | 482,99 m <sup>2</sup>                              |
| Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG               | 4034,99 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FuDA Betonstütze Eckig                 | 339,45 lfm   |
| Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeh. TH              | 62,69 m <sup>2</sup>                               |
| Z-Zwo FuW2 GiKa Wand                         | 3135,18 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton                   | 3044,53 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000                 | 1853,91 m <sup>2</sup>                             |
| Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze           | 706,41 lfm   |
| Z-Zwo Hartholztüren Innenraum                | 620,87 m <sup>2</sup>                              |

Abbildung 44 Bauteilflächen des Gebäudes Z-Zwo

**Anlage 2: Z-Zwo – Ökologische Bilanzierung- Spezialbauteile**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

Inhaltsverzeichnis

| Gebäude    | Bauteilname  | Seite |
|------------|--|-------|
| Z-Zwo      | <b>ABL 2</b> Decke über TG, Keller                 | 1     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Brüstung (Beton + vorgeh. Metallfass.) | 2     |
| Z-Zwo      | <b>BoPL</b> Bodenplatte                            | 3     |
| Z-Zwo      | <b>FD 1</b> Flachdach (begrünt)                    | 4     |
| Z-Zwo      | <b>FF 2</b> Fensterband (OG)                       | 5     |
| Z-Zwo      | <b>FuW 2</b> Gika Wand                             | 6     |
| Z-Zwo      | <b>Fu W 4</b> Strähle Wand 2000                    | 7     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Außenwand WDVS                         | 8     |
| DVA        | <b>Fu D 1</b> Decke über UG                        | 9     |
| DVA        | <b>Fu D 4</b> Innendecke mit Linoleumbelag         | 10    |
| Züblinhaus | <b>FF</b> Fensterband Holz                         | 11    |
| Züblinhaus | <b>FuD 4</b> Innendecke mit Teppichboden           | 12    |

Anlage enthält **12** Seiten



















**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                    |                      |        |
|--------------|--------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 15                 | Anzahl Schichten     | 11     |
| Bauteilname: | FuD1 Decke über UG | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                    | Gesamtfläche (m²)    | 343,98 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Linoleum                              | 20              | 0,45              | 100%                  | 1000              | 4,50            |
| 2              | Kleber                                | 20              | 0,10              | 100%                  | 1300              | 1,30            |
| 3              | Zementestrich                         | 40              | 6,00              | 100%                  | 2000              | 120,00          |
| 4              | PE-Folie                              | 40              | 0,20              | 100%                  | 1000              | 2,00            |
| 5              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300              | 202,86          |
| 6              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800              | 14,04           |
| 7              | Luftschicht                           | 50              | 25,00             | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 8              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800              | 1,01            |
| 9              | Mineralfaser 040                      | 30              | 8,00              | 100%                  | 20                | 1,60            |
| 10             | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800               | 10,00           |
| 11             | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                   | 357,62          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 70,2                              | 0,000003             | 0,023  | 0,23                             | 0,034                            | 841,8         | 74,1        | 792,3        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 134,5                             | 0,000005             | 0,047  | 0,50                             | 0,101                            | 1563,1        | 182,6       | 1277,5       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,2% | 63,6% | 47,7% | 46,6% | 33,6% | 53,9% | 40,6% | 62,0% |
| Nutzung   | 38,6% | 37,9% | 45,9% | 47,3% | 49,7% | 43,5% | 58,6% | 39,5% |
| Entsorgung  | 9,2%  | -1,5% | 6,5%  | 6,1%  | 16,7% | 2,6%  | 0,8%  | -1,5% |









**Anlage 3:** *Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1*  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

**INHALT**

- Legende zur Kurzbezeichnung für Auswertung
- Auswertung Primärenergiebedarf<sub>,gesamt</sub> [PE<sub>Ges</sub>]
- Auswertung Treibhauspotential [GWP]
- Auswertung Ozonbildungspotential [POCP]
- Auswertung Ozonschicht- zerstörungspotential bzw. -abbaupotential [ODP]
- Auswertung Versauerungspotential [AP]
- Auswertung Eutrophierungspotential [EP]

**Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

**LEGENDE zur Kurzbezeichnung für Auswertung**

|                        |  |                                |
|------------------------|--|--------------------------------|
| Ifd. Registernr. TU DA | Bauteilbezeichnung nach Bauteilkatalog | Kurzbezeichnung für Auswertung |
|------------------------|--|--------------------------------|

|    |  |        |
|----|--|--------|
| 26 | Z-Zwo Hartholztüren Innenraum                | Tü 1   |
| 27 | Z-Zwo SA Schlosserarbeiten                   | SA 1   |
| 20 | Z-Zwo FuDA Betonstütze Eckig                 | ST 1   |
| 25 | Z-Zwo FuW5 Betonstützen Rundstütze           | ST 2   |
| 12 | Z-Zwo FF1 Fensterband PFR EG                 | FF 1   |
| 13 | Z-Zwo FF2 Fensterband OG                     | FF 2   |
| 14 | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz EG                    | SS 1   |
| 15 | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG                    | SS 2   |
| 21 | Z-Zwo FuW1 Wand gegen unbeh. TH              | WA 1   |
| 6  | Z-Zwo AWE 1 gegen Erdreich                   | WA 2   |
| 5  | Z-Zwo AW 2 Wand gegen TG                     | WA 3   |
| 24 | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000                 | WA 4   |
| 22 | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand                         | WA 5   |
| 23 | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton                   | WA 6   |
| 4  | Z-Zwo AW 1 Brüstung                          | WA 7   |
| 7  | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich                    | WA 8   |
| 8  | Z-Zwo BoPI 1 Bodenplatte                     | BoPI 1 |
| 9  | Z-Zwo BoPI 2 Bodenplatte                     | BoPI 2 |
| 16 | Z-Zwo FuD1 Decke gegen unbeh. Treppenhaus    | DE 1   |
| 1  | Z-Zwo ABL 1 Decke gegen AL                   | DE 2   |
| 3  | Z-Zwo ABL3, Decke über Keller                | DE 3   |
| 18 | Z-Zwo FuD3 Innendecke (schwimmender Estrich) | DE 4   |
| 2  | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller            | DE 5   |
| 10 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt)                | DE 6   |
| 17 | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)        | DE 7   |
| 11 | Z-Zwo FD2 (Decke TG)                         | DE 8   |
| 19 | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG               | DE 9   |

**Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Diagramm: PE ges. - 1

Schlösserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

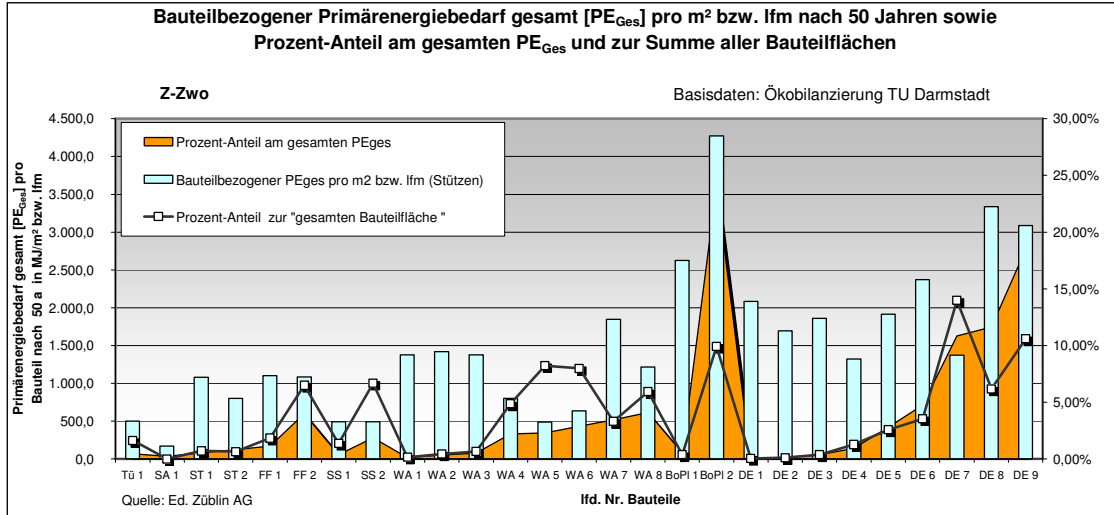


Diagramm: PE ges. - 2

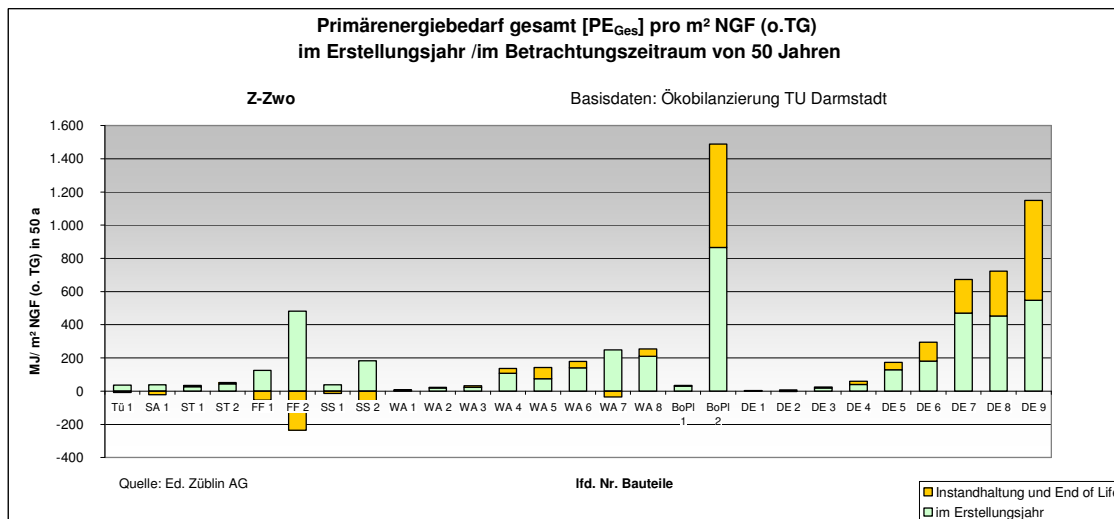
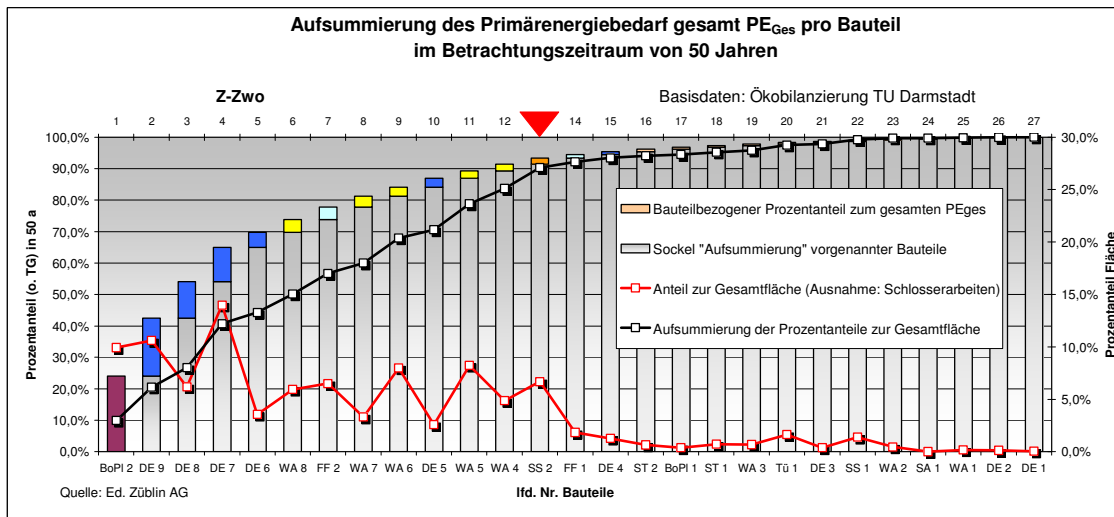
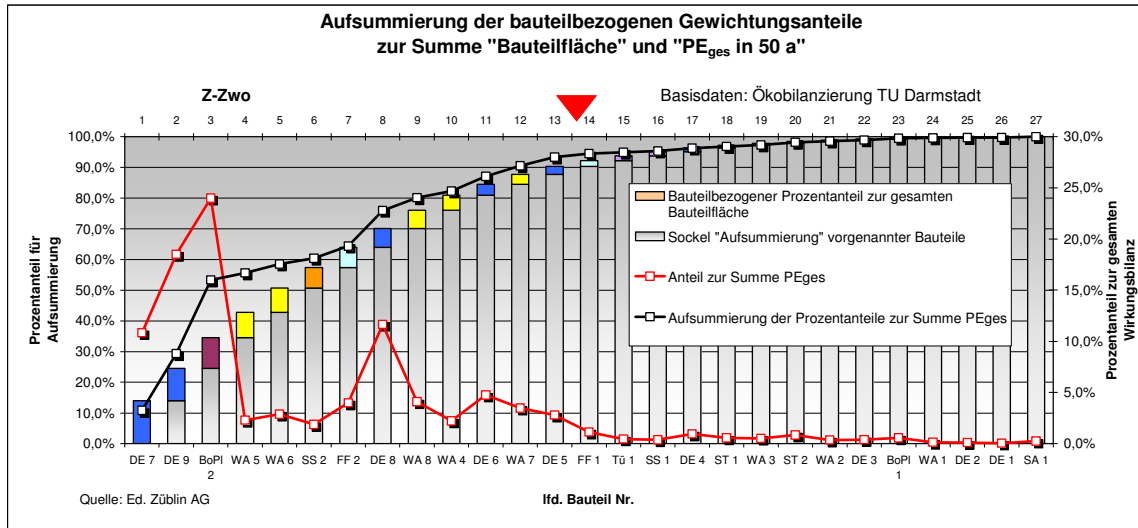


Diagramm: PE ges. - 3



Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: PE ges. - 4



**Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: GWPI - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

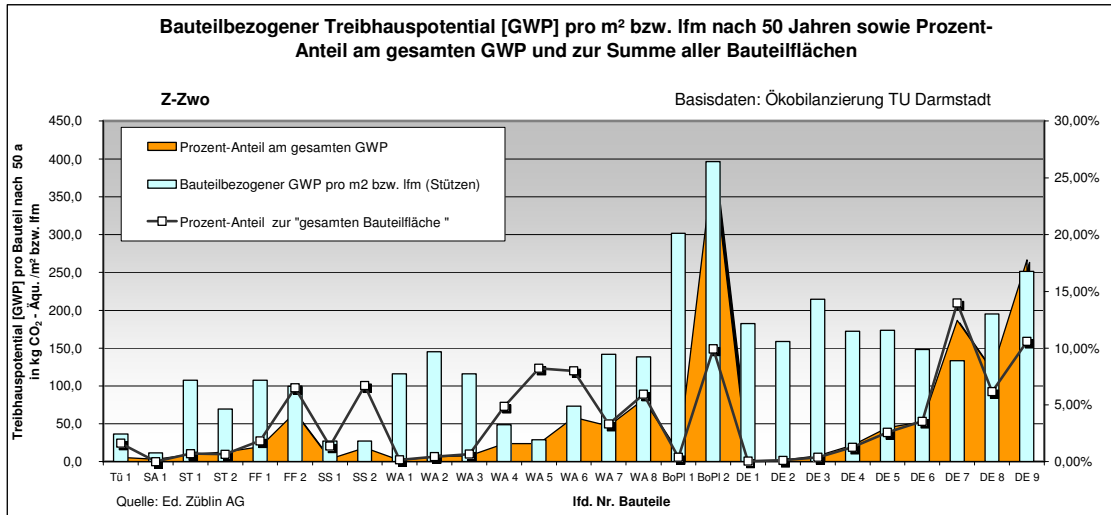


Diagramm: GWPI - 2

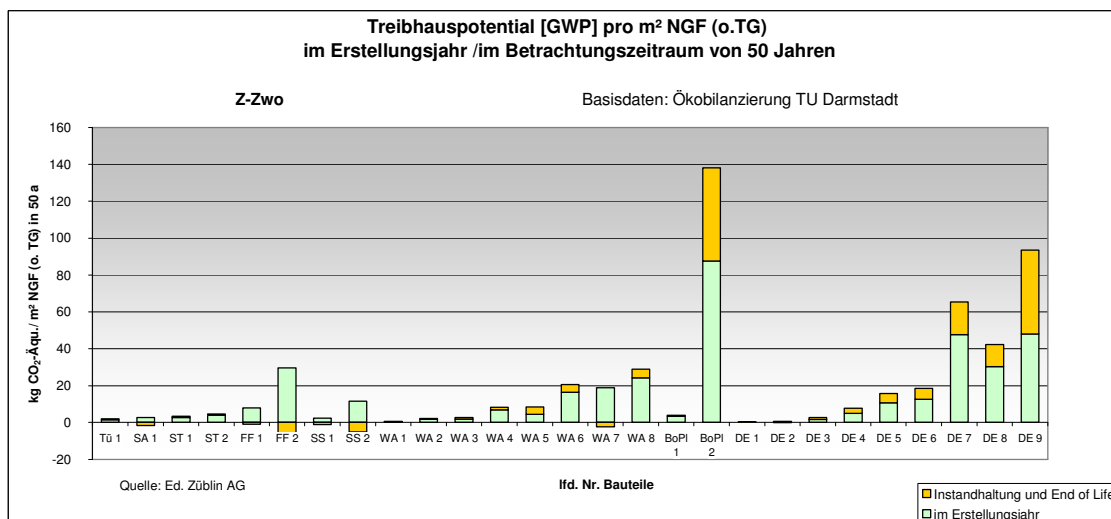
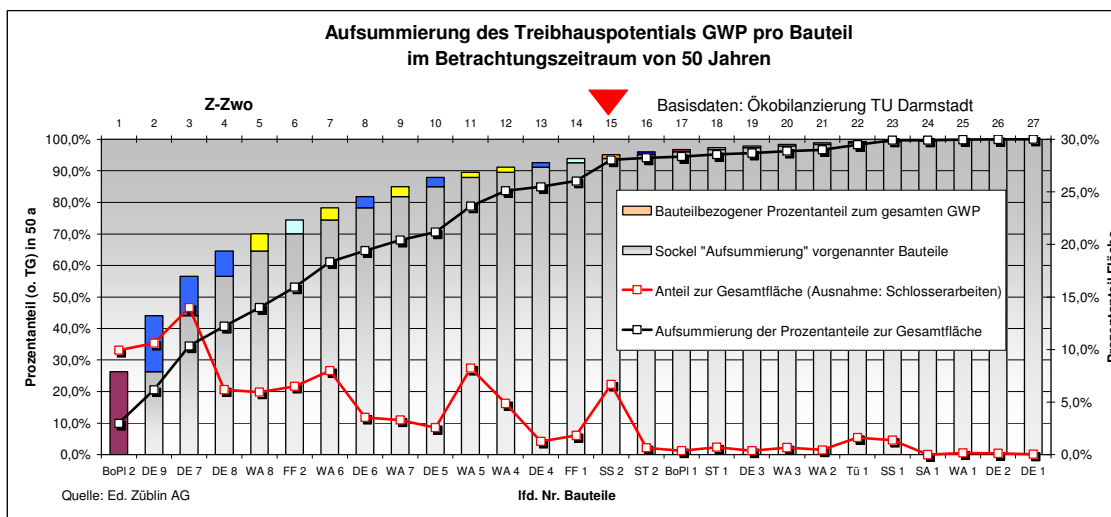


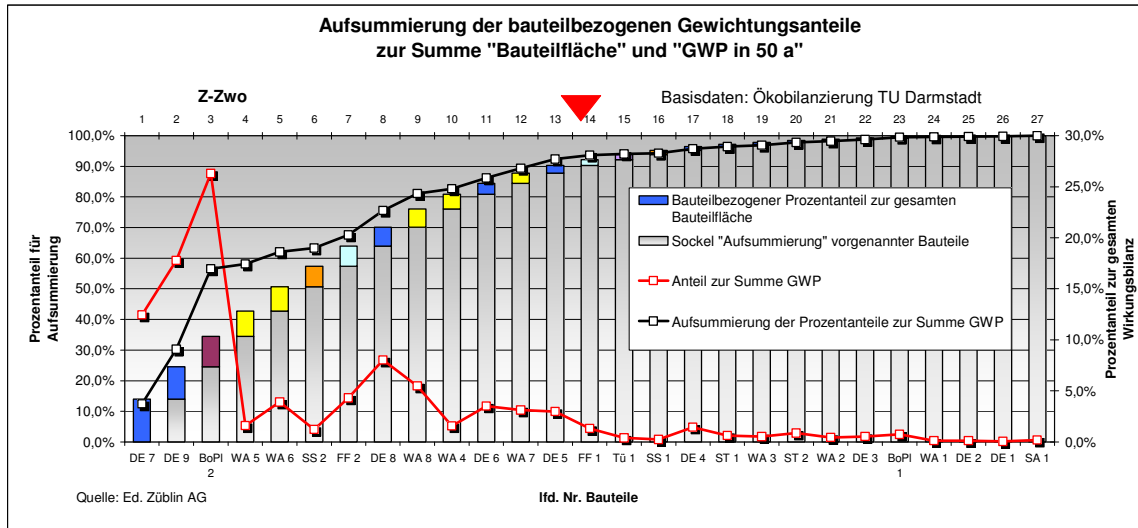
Diagramm: GWPI - 3





Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: GWPI - 4



**Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Diagramm: ODPi - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

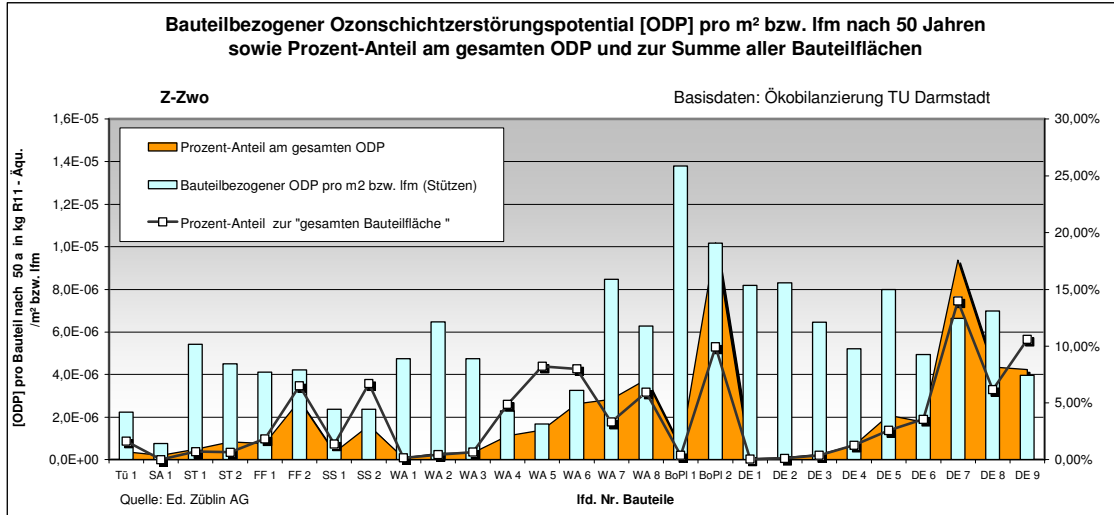


Diagramm: ODPi - 2

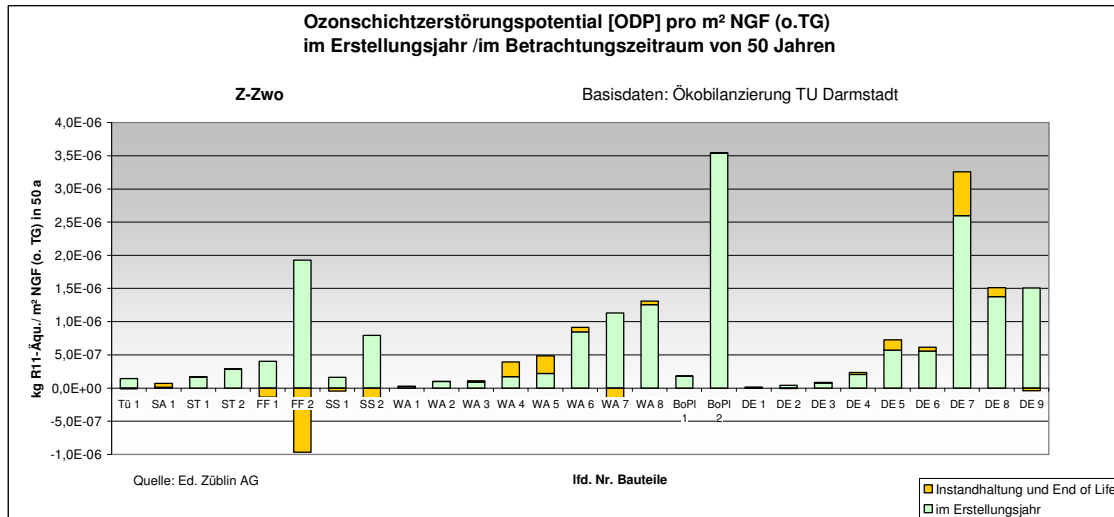
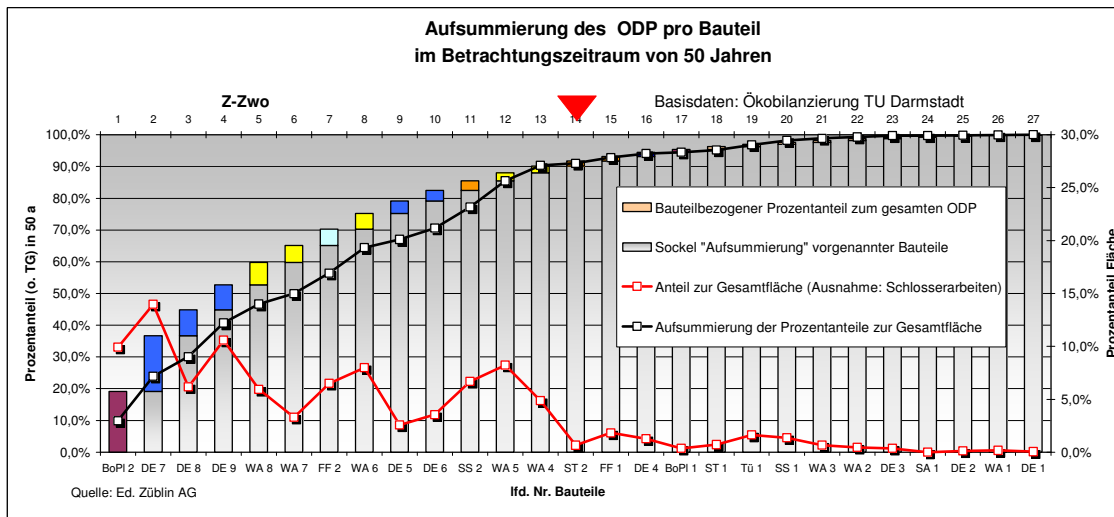
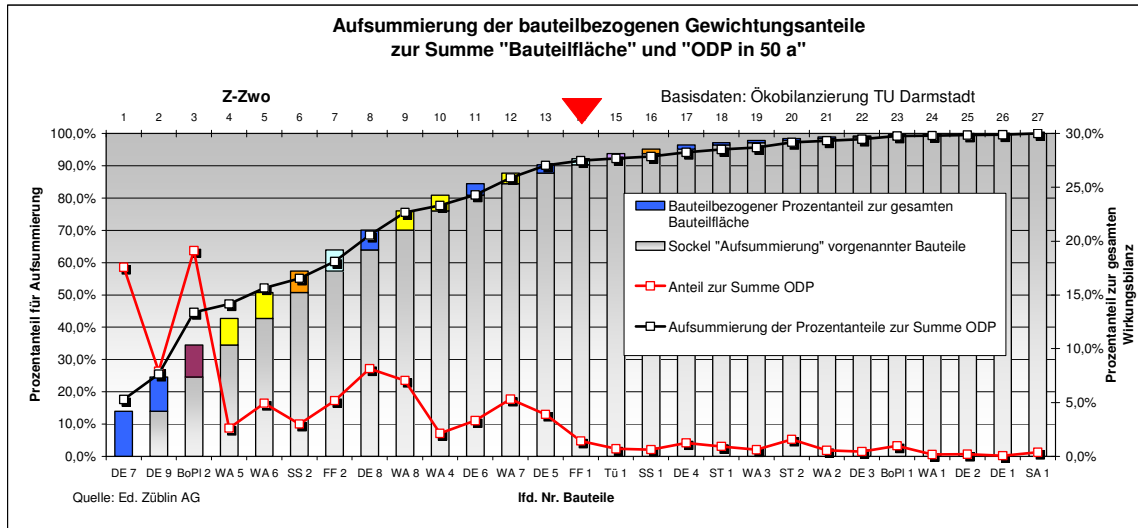


Diagramm: ODPi - 3



**Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: ODPI - 4



### Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

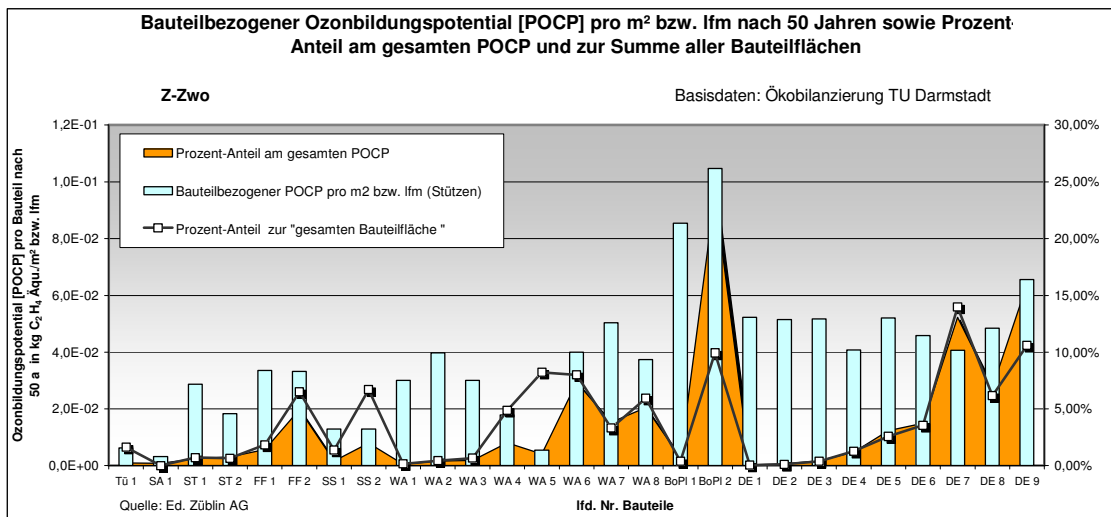


Diagramm: POCPI - 2

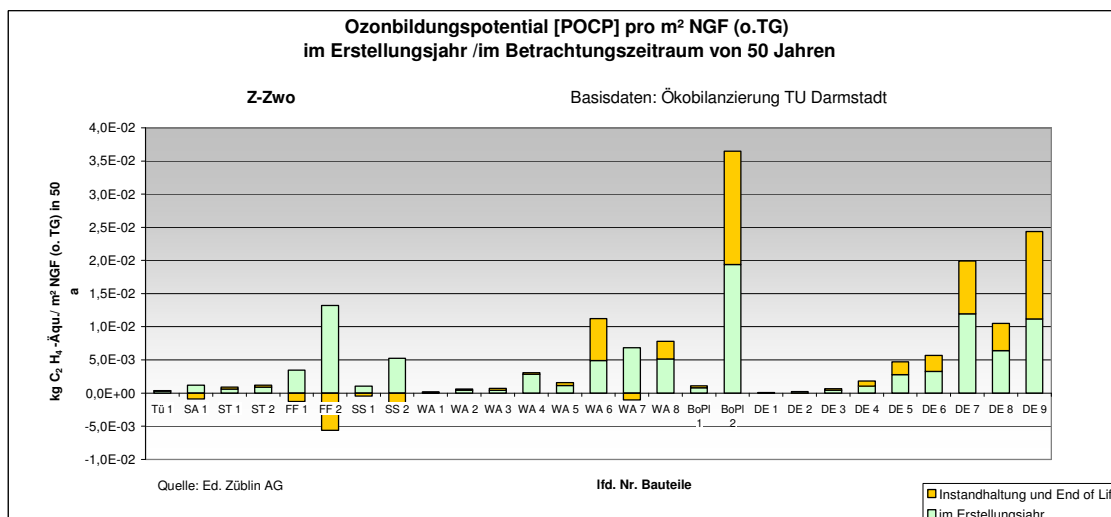
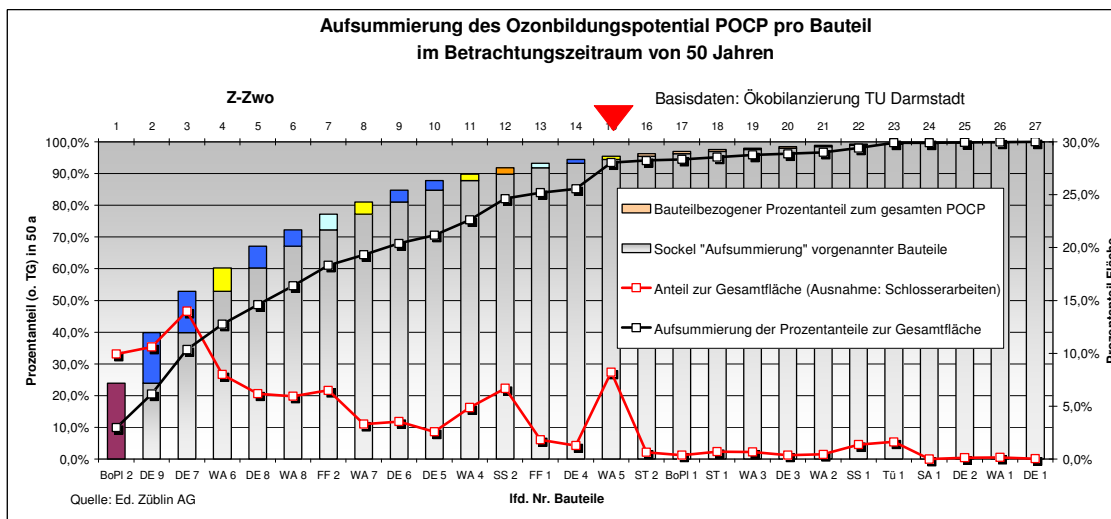
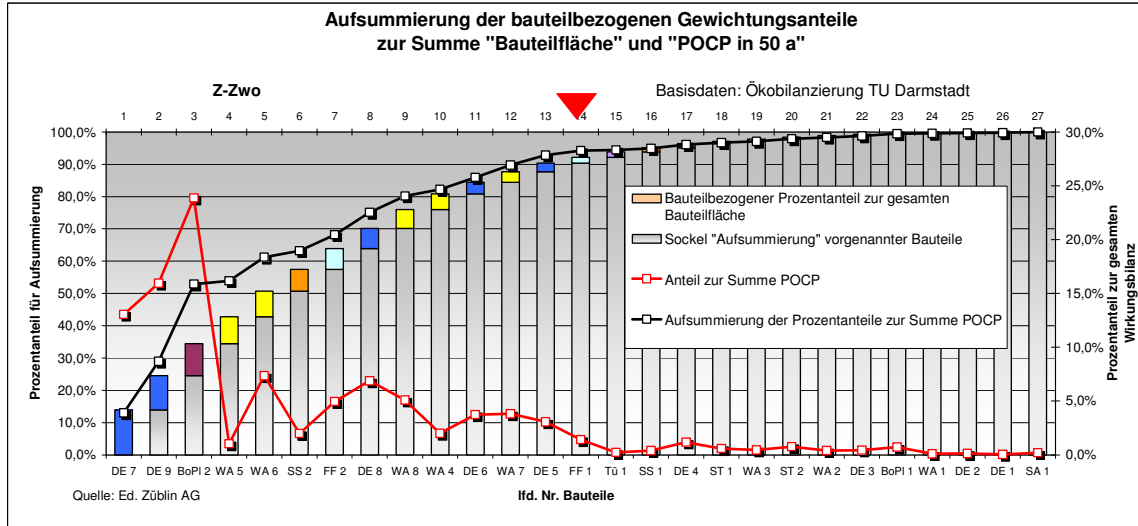


Diagramm: POCPI - 3



### Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 4



### Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: APi - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

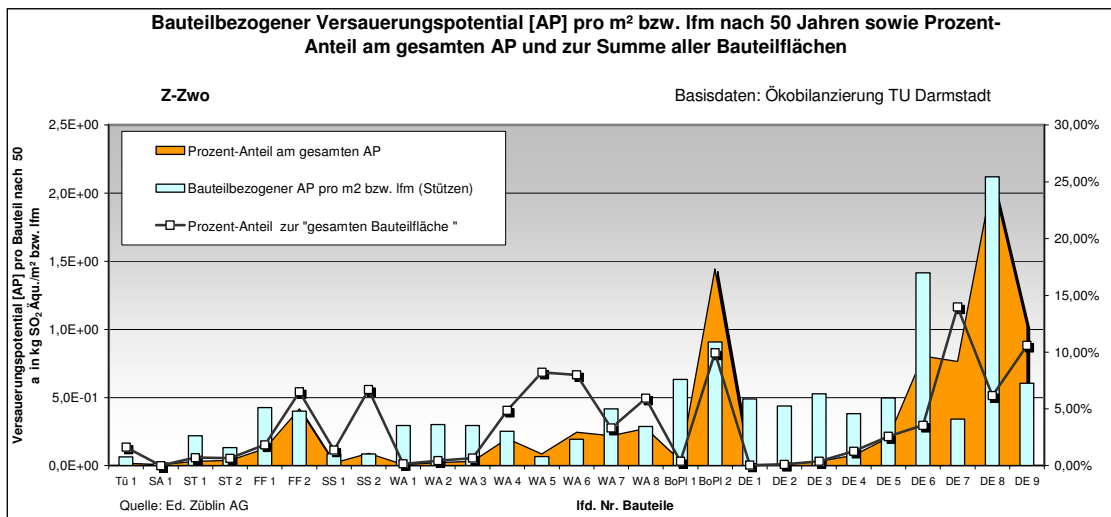


Diagramm: APi - 2

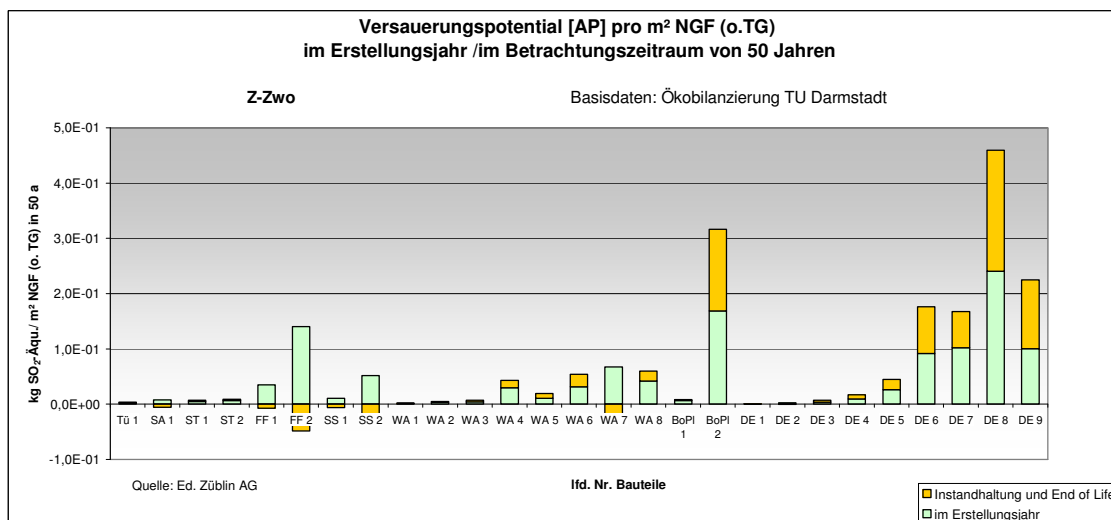
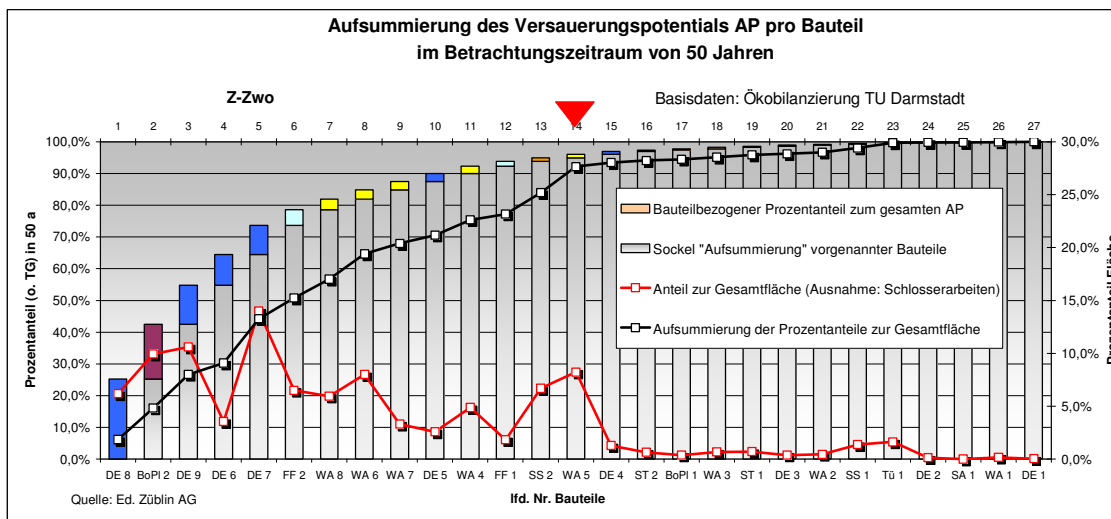
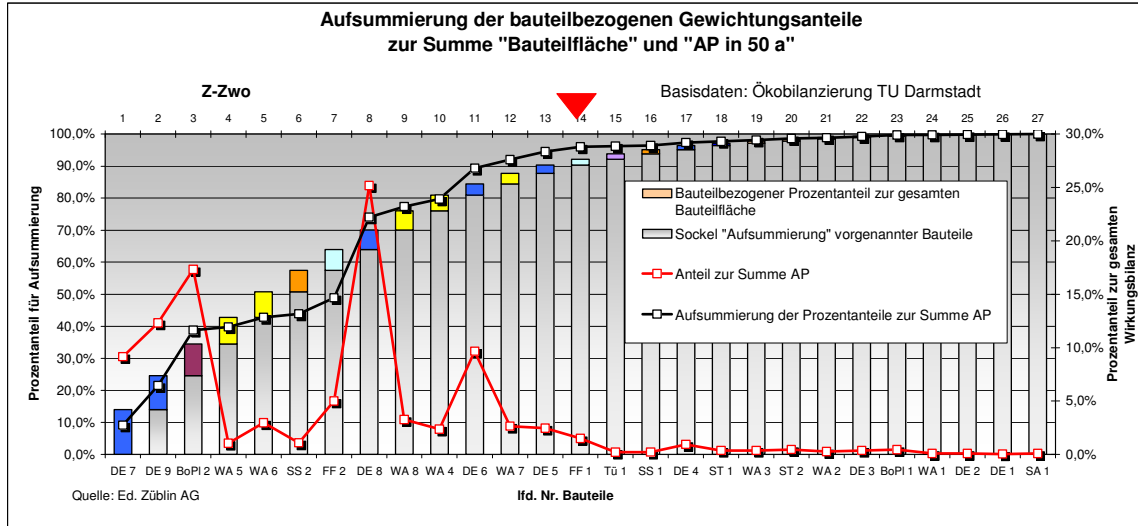


Diagramm: APi - 3



Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: APi - 4



### Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

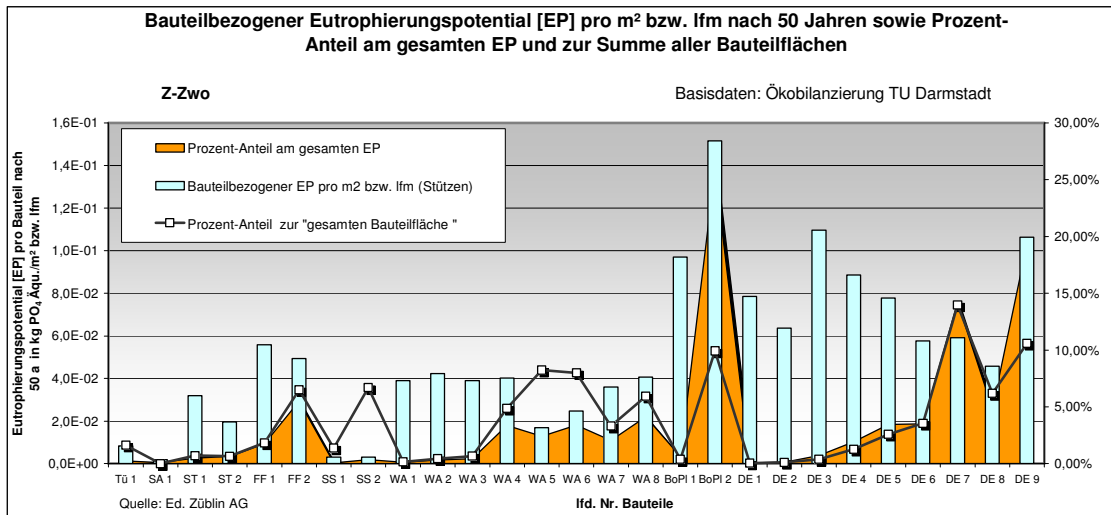


Diagramm: EPI - 2

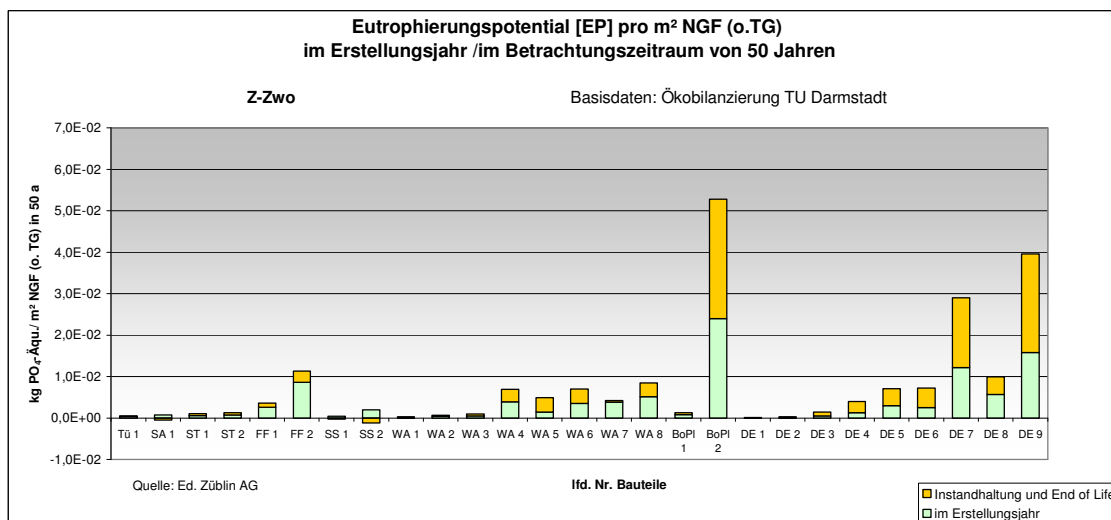
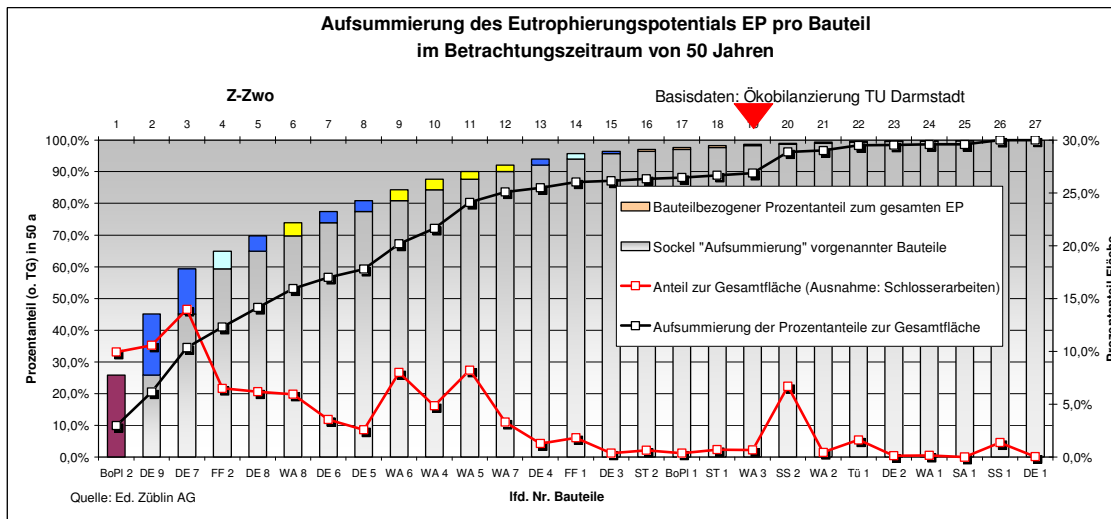


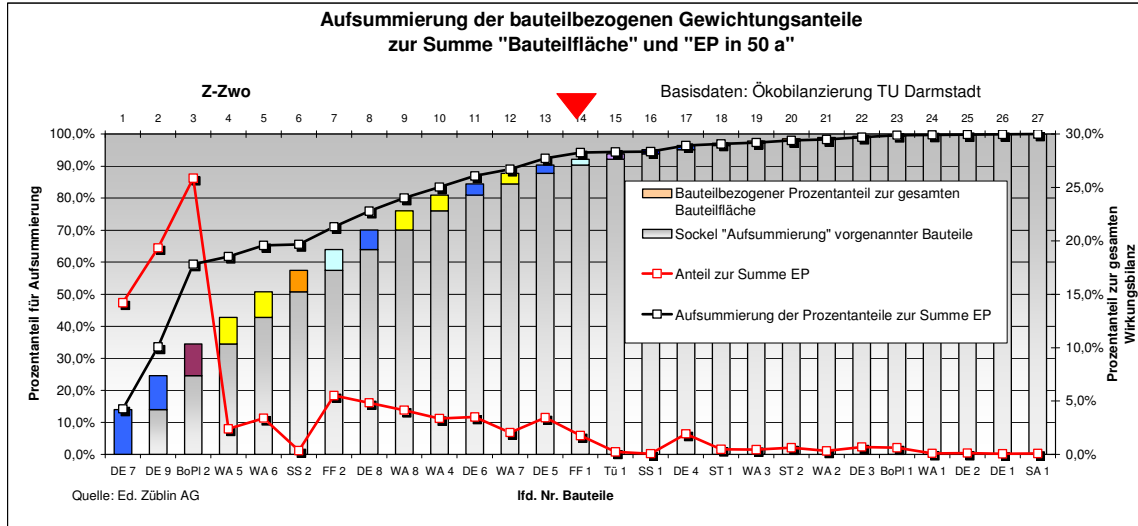
Diagramm: EPI - 3





### Anlage 3: Z-Zwo – Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 4



**Anlage 4:** *Z-Zwo – Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile)  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Auswertung der Spezialbauteile (Anlage 2) sowie Auswertung zusätzlicher Bauteile auf Basis der Spezialbauteile durch Ed. Züblin AG | 1-13  |
| 2. Zusammenfassung der Ergebnisse (Nr. 1) mit Gewerkezuordnung und Materialzuordnung  | 1-7   |

Anlage enthält **20** Seiten

Gebäude: "Zübin Z-Zwo"

|              |                                   |                      |        |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 2                                 | Anzahl Schichten     | 10     |
| Bauteilname: | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                                   | Gesamtfläche (m²)    | 982,92 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Nadelfilz, verklebt                | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120               | 0,54            |
| 2             | PVC-Kleber                         | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 3             | Anhydrit-Estrich                   | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100              | 73,50           |
| 4             | PE-Folie                           | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5             | zementgebundene Faserplatte        | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600               | 10,80           |
| 6             | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 50              | 8,70              |                       |                   | 0,78            |
| 7             | Beton B35                          | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 8             | Bewehrungsstahl                    | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 9             | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 12,50             | 12,00%                | 600               | 9,00            |
| 10            | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 12,50             | 88,00%                | 115               | 12,65           |
| <b>Summe:</b> |                                    |                 |                   |                       |                   | <b>804,98</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 117,9                             | 6,31E-06             | 0,031  | 0,29                             | 0,033                            | 1413,4        | 251,1       | 1162,3       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 173,5                             | 8,00E-06             | 0,052  | 0,50                             | 0,078                            | 1915,4        | 303,4       | 1612,0       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 67,9% | 78,9% | 59,2% | 57,8% | 42,4% | 73,8% | 82,8% | 72,1% |
| Nutzung   | 19,0% | 21,4% | 23,1% | 30,6% | 23,6% | 15,1% | 15,1% | 25,2% |
| Entsorgung  | 13,0% | -0,3% | 17,7% | 14,1% | 27,0% | 2,6%  | 2,1%  | 2,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 3,3%                              | 1,6%                 | 5,2%   | 7,1%                             | 7,8%                             | 4,2%          | 0,1%        | 5,1%         |
| 2   | 0,1%                              | 0,1%                 | 2,0%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,2%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3   | 1,2%                              | 1,4%                 | 1,7%   | 2,1%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,2%        | 1,9%         |
| 4   | 1,2%                              | 0,6%                 | 1,9%   | 2,6%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,1%        | 1,9%         |
| 5   | 6,7%                              | 15,2%                | 11,2%  | 9,9%                             | 7,9%                             | 10,4%         | 16,7%       | 9,1%         |
| 6   | 1,2%                              | 0,1%                 | 1,9%   | 1,3%                             | 1,1%                             | 1,3%          | 0,2%        | 1,6%         |
| 7   | 46,6%                             | 23,6%                | 32,9%  | 34,7%                            | 42,5%                            | 20,7%         | 2,2%        | 24,7%        |
| 8   | 21,7%                             | 40,7%                | 22,1%  | 14,1%                            | 9,3%                             | 26,6%         | 12,6%       | 29,7%        |
| 9   | 5,5%                              | 7,9%                 | 5,6%   | 3,8%                             | 3,3%                             | 19,6%         | 66,7%       | 9,4%         |
| 10  | 12,4%                             | 8,8%                 | 15,3%  | 24,3%                            | 22,2%                            | 13,9%         | 1,2%        | 16,6%        |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 4,5%                              | 2,6%                 | 6,2%   | 8,2%                             | 6,6%                             | 6,2%          | 0,2%        | 7,3%         |
| 2  | 0,3%                              | 0,1%                 | 2,3%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 0,1%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3  | 4,6%                              | 1,5%                 | 3,4%   | 4,5%                             | 20,5%                            | 2,7%          | 0,2%        | 3,1%         |
| 4  | 1,8%                              | 0,9%                 | 2,3%   | 3,1%                             | 2,5%                             | 2,2%          | 0,1%        | 2,6%         |
| 5  | 9,6%                              | 23,9%                | 13,5%  | 11,7%                            | 9,3%                             | 15,5%         | 27,7%       | 13,2%        |
| 6  | 0,3%                              | 0,4%                 | 0,3%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,4%          | 0,2%        | 0,5%         |
| 7  | 39,4%                             | 20,0%                | 36,2%  | 31,0%                            | 27,0%                            | 21,2%         | 4,1%        | 24,4%        |
| 8  | 15,5%                             | 32,0%                | 13,5%  | 8,6%                             | 8,4%                             | 19,7%         | 10,4%       | 21,5%        |
| 9  | 6,7%                              | 4,9%                 | 3,8%   | 4,0%                             | 3,3%                             | 11,6%         | 55,0%       | 3,4%         |
| 10   | 17,3%                             | 13,7%                | 18,4%  | 28,4%                            | 22,0%                            | 20,5%         | 2,0%        | 24,0%        |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Zübin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht<br>[kg/m²] | Gesamt-<br>fläche (m²) | Gewicht<br>[kg] |
|---------------|---|--------------------|------------------------|-----------------|
| 35            | 0 |                    |                        | 0,54            |
| 35            | 0 |                    |                        | 0,26            |
| 44            | 0 |                    |                        | 73,50           |
| 44            | 0 |                    |                        | 0,20            |
| 44            | 0 |                    |                        | 10,80           |
| 44            | 2 |                    |                        | 0,78            |
| 15            | 1 |                    |                        | 660,78          |
| 15            | 2 |                    |                        | 36,47           |
| 15            | 3 |                    |                        | 9,00            |
| 15            | 3 |                    |                        | 12,65           |
| <b>Summe:</b> |   |                    |                        | <b>804,98</b>   |

982,92 791,231,33 Kontrolle

### Auswertung Ed. Zübin AG

| Erstellungsjahr |    |                        |                                    |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |
|-----------------|----|------------------------|------------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|
|                 | Z1 | Name<br>Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²  | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |         |
|                 | 35 | 0                      | Nadelfilz, verklebt                | 3,88                 | 1,0E-07  | 1,6E-03                          | 2,0E-02                          | 2,6E-03       | 59,22       | 0,35         | 58,87   |
|                 | 35 | 0                      | PVC-Kleber                         | 0,12                 | 6,9E-09  | 6,0E-04                          | 4,4E-04                          | 3,5E-05       | 2,91        | 0,05         | 2,87    |
|                 | 44 | 0                      | Anhydrit-Estrich                   | 1,46                 | 8,9E-08  | 5,2E-04                          | 6,2E-03                          | 9,6E-04       | 22,05       | 0,43         | 21,62   |
|                 | 44 | 0                      | PE-Folie                           | 1,44                 | 3,8E-08  | 6,0E-04                          | 7,5E-03                          | 9,5E-04       | 21,93       | 0,13         | 21,80   |
|                 | 44 | 0                      | zementgebundene Faserplatte        | 7,93                 | 9,6E-07  | 3,5E-03                          | 2,8E-02                          | 2,6E-03       | 147,65      | 41,98        | 105,67  |
|                 | 44 | 2                      | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 1,36                 | 5,2E-09  | 5,9E-04                          | 3,8E-03                          | 3,6E-04       | 18,98       | 0,61         | 18,37   |
|                 | 15 | 1                      | Beton B35                          | 54,96                | 1,5E-06  | 1,0E-02                          | 1,0E-01                          | 1,4E-02       | 292,12      | 5,40         | 286,72  |
|                 | 15 | 2                      | Bewehrungsstahl                    | 25,63                | 2,6E-06  | 6,8E-03                          | 4,0E-02                          | 3,1E-03       | 376,28      | 31,65        | 344,63  |
|                 | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 6,51                 | 5,0E-07  | 1,7E-03                          | 1,1E-02                          | 1,1E-03       | 276,40      | 167,40       | 109,00  |
|                 | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 14,57                | 5,5E-07  | 4,7E-03                          | 7,0E-02                          | 7,3E-03       | 195,85      | 3,12         | 192,72  |
|                 | S  | S                      |                                    | 117,85               | 6,3E-06  | 3,1E-02                          | 2,9E-01                          | 3,3E-02       | 1413,39     | 251,12       | 1162,27 |
|                 |    |                        |                                    | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         | i.O.    |

| 50 a |    |                        |                                    |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |
|------|----|------------------------|------------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|
|      | Z1 | Name<br>Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²  | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |         |
|      | 35 | 0                      | Nadelfilz, verklebt                | 7,77                 | 2,0E-07  | 3,2E-03                          | 4,1E-02                          | 5,2E-03       | 118,62      | 0,71         | 117,90  |
|      | 35 | 0                      | PVC-Kleber                         | 0,54                 | 7,8E-09  | 1,2E-03                          | 1,4E-03                          | 1,5E-04       | 2,66        | 0,07         | 2,59    |
|      | 44 | 0                      | Anhydrit-Estrich                   | 8,04                 | 1,2E-07  | 1,8E-03                          | 2,2E-02                          | 1,6E-02       | 50,84       | 0,62         | 50,22   |
|      | 44 | 0                      | PE-Folie                           | 3,10                 | 7,1E-08  | 1,2E-03                          | 1,5E-02                          | 2,0E-03       | 41,43       | 0,24         | 41,19   |
|      | 44 | 0                      | zementgebundene Faserplatte        | 16,61                | 1,9E-06  | 7,0E-03                          | 5,8E-02                          | 7,2E-03       | 296,28      | 83,92        | 212,36  |
|      | 44 | 2                      | Stahlflüsse + Luftschiicht         | 0,55                 | 3,1E-08  | 1,6E-04                          | 9,6E-04                          | 9,8E-05       | 8,05        | 0,56         | 7,50    |
|      | 15 | 1                      | Beton B35                          | 68,34                | 1,6E-06  | 1,9E-02                          | 1,5E-01                          | 2,1E-02       | 405,12      | 12,54        | 392,58  |
|      | 15 | 2                      | Bewehrungsstahl                    | 26,90                | 2,6E-06  | 7,0E-03                          | 4,3E-02                          | 6,6E-03       | 377,95      | 31,59        | 346,36  |
|      | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 11,65                | 3,9E-07  | 2,0E-03                          | 2,0E-02                          | 2,5E-03       | 221,55      | 166,92       | 54,63   |
|      | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30,01                | 1,1E-06  | 9,6E-03                          | 1,4E-01                          | 1,7E-02       | 392,86      | 6,21         | 386,65  |
|      | S  | S                      |                                    | 173,51               | 8,0E-06  | 5,2E-02                          | 5,0E-01                          | 7,8E-02       | 1915,36     | 303,37       | 1611,98 |
|      |    |                        |                                    | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         | i.O.    |

| Anzahl E=I                    |  | 2       | 2          | 2         | 2          | 2          | 2      | 2      |        |
|-------------------------------|--|---------|------------|-----------|------------|------------|--------|--------|--------|
| PVC-Kleber TU DA: Herstellung |  | 0,47205 | 2,6442E-08 | 0,00231   | 0,00168    | 0,00013544 | 11,21  | 0,18   | 11,03  |
| PVC-Kleber TU DA: Entsorgung  |  | 0,571   | -1,14E-08  | 2,906E-05 | 0,00100389 | 0,00016108 | -6,995 | -0,054 | -6,041 |
|                               |  | 0,54    | 7,8E-09    | 1,2E-03   | 1,4E-03    | 1,5E-04    | 2,66   | 0,07   | 2,59   |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                     |                      |         |
|--------------|---------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 4                   | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                     | Gesamtfläche (m²)    | 1260,00 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich               | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                         | 50              | 20,00             | 98,33%                | 2300              | 452,32          |
| 3             | Bewehrungsstahl                   | 50              | 20,00             | 1,67%                 | 7800              | 26,05           |
| 4             | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 30              | 12,00             | 100,00%               | 50                | 6,00            |
| 5             | Luftschicht, ruhend               | 30              | 20,00             | 100,00%               | 0                 | 0,00            |
| 6             | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 30              | 0,20              | 100,00%               | 2700              | 5,40            |
| 7             | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 30              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 8             | Aufsatz-Aluminiumblech            | 30              | 0,20              | 42,00%                | 2700              | 2,27            |
| 9             | Stahl-Unterkonstruktion           | 30              | 0,20              | 7,80%                 | 7800              | 1,23            |
| 10            | Schrauben                         | 30              |                   |                       |                   | 0,11            |
| <b>Summe:</b> |                                   |                 |                   |                       |                   | <b>493,95</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 162,5                          | 9,76E-06          | 0,059               | 0,58                          | 0,033            | 2144,1     | 406,9    | 1737,2    |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 142,1                          | 8,47E-06          | 0,050               | 0,42                          | 0,036            | 1848,9     | 256,8    | 1592,1    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 114,4% | 115,1% | 117,4% | 139,3% | 91,1%  | 116,0% | 158,5%  | 109,1% |
| Nutzung   | 26,7%  | 33,2%  | 32,1%  | 33,6%  | 36,2%  | 36,2%  | 44,2%   | 34,9%  |
| Entsorgung  | -41,1% | -48,3% | -49,5% | -72,9% | -14,8% | -52,2% | -102,6% | -44,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 0,2%                           | 0,3%              | 0,1%                | 0,2%                          | 0,7%             | 0,8%       | 0,1%     | 1,0%      |
| 2   | 24,2%                          | 10,9%             | 12,3%               | 12,3%                         | 30,5%            | 9,7%       | 0,9%     | 11,8%     |
| 3   | 11,3%                          | 16,8%             | 8,2%                | 5,0%                          | 6,7%             | 12,5%      | 5,3%     | 14,2%     |
| 4   | 4,3%                           | 2,7%              | 3,8%                | 5,7%                          | 10,6%            | 4,3%       | 0,4%     | 5,3%      |
| 5   | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6   | 40,7%                          | 46,8%             | 51,2%               | 51,2%                         | 34,3%            | 49,2%      | 65,3%    | 45,5%     |
| 7   | 0,8%                           | 0,7%              | 1,2%                | 3,1%                          | 1,0%             | 1,1%       | 0,1%     | 1,4%      |
| 8   | 17,1%                          | 19,7%             | 21,5%               | 21,5%                         | 14,4%            | 20,7%      | 27,4%    | 19,1%     |
| 9   | 1,3%                           | 0,1%              | 1,6%                | 1,0%                          | 1,7%             | 1,4%       | 0,2%     | 1,7%      |
| 10  | 0,1%                           | 0,0%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,2%             | 0,1%       | 0,0%     | 0,1%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 1,2%                           | 1,6%              | 0,5%                | 1,1%                          | 2,9%             | 3,9%       | 0,5%     | 4,4%      |
| 2  | 34,4%                          | 13,5%             | 26,7%               | 26,4%                         | 41,6%            | 15,7%      | 3,5%     | 17,6%     |
| 3  | 13,5%                          | 21,5%             | 9,9%                | 7,4%                          | 13,0%            | 14,6%      | 8,9%     | 15,5%     |
| 4  | 10,0%                          | 6,1%              | 9,0%                | 16,1%                         | 22,5%            | 10,1%      | 1,1%     | 11,5%     |
| 5  | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6  | 26,0%                          | 37,9%             | 34,8%               | 27,5%                         | 11,6%            | 36,0%      | 59,6%    | 32,1%     |
| 7  | 2,0%                           | 1,5%              | 2,8%                | 8,7%                          | 2,1%             | 2,5%       | 0,3%     | 2,8%      |
| 8  | 11,0%                          | 15,9%             | 14,6%               | 11,6%                         | 4,9%             | 15,1%      | 25,1%    | 13,5%     |
| 9  | 1,8%                           | 1,7%              | 1,5%                | 1,1%                          | 1,3%             | 2,1%       | 1,0%     | 2,2%      |
| 10   | 0,2%                           | 0,2%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,1%             | 0,2%       | 0,1%     | 0,2%      |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche [m²] | Gewicht [kg]      |
|---------------|---|-----------------|-------------------|-------------------|
| 43            | 0 |                 |                   | 0,31              |
| 15            | 1 | 452,32          | 1260              | 599,60            |
| 15            | 2 | 26,05           | 1260              | 569,620,88        |
| 25            | 3 | 6,00            | 1260              | 32,825,52         |
| 25            | 0 | 0,00            | 1260              | 7,560,00          |
| 25            | 2 | 5,40            | 1260              | 0,00              |
| 25            | 2 | 0,26            | 1260              | 6,804,00          |
| 25            | 2 | 2,27            | 1260              | 327,60            |
| 25            | 2 | 1,23            | 1260              | 2,860,20          |
| 25            | 2 | 0,11            | 1260              | 1,549,80          |
| 25            | 2 | 493,95          | 1260              | 138,60            |
| <b>Summe:</b> |   |                 |                   | <b>822,377,00</b> |

1260 822,377,00 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1              |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|                 | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 0,40                           | 3,4E-08           | 5,7E-05             | 1,1E-03                       | 2,3E-04          | 17,83      | 0,29     | 17,54     |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 39,26                          | 1,1E-06           | 7,2E-03             | 7,1E-02                       | 1,0E-02          | 208,66     | 3,86     | 204,80    |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 18,30                          | 1,8E-06           | 4,9E-03             | 2,9E-02                       | 2,2E-03          | 268,77     | 22,61    | 246,16    |
|                 | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 6,91                           | 2,6E-07           | 2,2E-03             | 3,3E-02                       | 3,5E-03          | 92,69      | 1,48     | 91,41     |
|                 | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|                 | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 66,20                          | 4,6E-06           | 3,0E-02             | 3,0E-01                       | 1,1E-02          | 1055,36    | 265,59   | 789,77    |
|                 | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 1,28                           | 6,7E-08           | 7,0E-04             | 1,8E-02                       | 3,4E-04          | 24,38      | 0,39     | 23,99     |
|                 | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 27,83                          | 1,9E-06           | 1,3E-02             | 1,3E-01                       | 4,7E-03          | 443,64     | 111,65   | 332,00    |
|                 | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,15                           | 8,2E-09           | 9,4E-04             | 5,9E-03                       | 5,6E-04          | 29,93      | 0,96     | 28,98     |
|                 | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,19                           | 7,4E-10           | 8,4E-05             | 5,3E-04                       | 5,0E-05          | 2,68       | 0,09     | 2,59      |
|                 | S  | S |  |                                   | 162,53                         | 9,8E-06           | 5,9E-02             | 5,8E-01                       | 3,3E-02          | 2144,14    | 406,91   | 1737,23   |
|                 |    |   |  |                                   | I.O.                           | I.O.              | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

| 50 a |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1   |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|      | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 1,64                           | 1,3E-07           | 2,3E-04             | 4,5E-03                       | 1,0E-03          | 71,38      | 1,18     | 70,21     |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 48,81                          | 1,1E-06           | 1,3E-02             | 1,1E-01                       | 1,5E-02          | 289,37     | 8,96     | 280,41    |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 19,21                          | 1,8E-06           | 5,0E-03             | 3,1E-02                       | 4,7E-03          | 269,96     | 22,56    | 247,40    |
|      | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 14,24                          | 5,2E-07           | 4,5E-03             | 6,7E-02                       | 8,1E-03          | 186,34     | 2,94     | 183,39    |
|      | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|      | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 36,95                          | 3,2E-06           | 1,7E-02             | 1,1E-01                       | 4,2E-03          | 664,85     | 153,04   | 511,81    |
|      | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 2,86                           | 1,3E-07           | 1,4E-03             | 3,6E-02                       | 7,6E-04          | 45,59      | 0,76     | 44,83     |
|      | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 15,57                          | 1,4E-06           | 7,4E-03             | 4,8E-02                       | 1,8E-03          | 280,02     | 64,47    | 215,55    |
|      | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,59                           | 1,5E-07           | 7,8E-04             | 4,5E-03                       | 4,6E-04          | 38,00      | 2,64     | 35,36     |
|      | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,23                           | 1,3E-08           | 7,0E-05             | 4,1E-04                       | 4,2E-05          | 3,41       | 0,24     | 3,17      |
|      | S  | S |  |                                   | 142,09                         | 8,47E-06          | 5,0E-02             | 4,2E-01                       | 3,6E-02          | 1848,91    | 256,78   | 1592,13   |
|      |    |   |  |                                   | I.O.                           | Fehler            | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                           |                      |         |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 7                         | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                           | Gesamtfläche (m²)    | 2262,34 |

| Schicht-Nr. | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|-------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1           | Dispersionsanstrich | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2           | WU-Beton B35        | 50              | 40,00             | 98,21%                | 2300              | 903,53          |
| 3           | Bewehrungsstahl     | 50              | 40,00             | 1,79%                 | 7800              | 55,85           |
|             | <b>Summe:</b>       |                 |                   |                       |                   | <b>959,69</b>   |

| Okologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 116,2                             | 6,05E-06             | 0,025  | 0,20                             | 0,024                            | 1000,9        | 56,3        | 944,7        |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 138,5                             | 6,28E-06             | 0,037  | 0,29                             | 0,041                            | 1218,3        | 67,3        | 1151,0       |

| Okologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 83,9% | 96,3% | 65,8% | 70,4% | 60,3% | 82,2% | 83,7% | 82,1% |
| Nutzung   | 0,9%  | 1,6%  | 0,5%  | 1,2%  | 1,9%  | 4,4%  | 1,3%  | 4,6%  |
| Entsorgung  | 15,2% | 2,1%  | 33,8% | 28,4% | 37,8% | 13,4% | 15,0% | 13,4% |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|----|---|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43 | 0 |  |  |  | 0,31            | 2262,34           | 701,33       |
| 15 | 1 |  |  |  | 903,53          | 2262,34           | 2.044.096,58 |
| 15 | 2 |  |  |  | 55,85           | 2262,34           | 126.347,16   |
|    |   |  |  |  | 959,69          |                   | 2.171.145,07 |
|    |   |  |  |  |                 | 2262,34           | 2.171.145,07 |

Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |                |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|----------------|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle  |                |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83         | 0,29        | 17,54        | Z-Zwo 4 | Gewichtsanteil |
|                 | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 74,08                             | 2,0E-06              | 1,4E-02  | 1,3E-01                          | 1,9E-02                          | 393,74        | 7,28        | 386,45       | Z-Zwo 9 |                |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 39,24                             | 3,9E-06              | 1,0E-02  | 6,2E-02                          | 4,7E-03                          | 576,19        | 48,46       | 527,73       | Z-Zwo 9 |                |
|                 |    |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 113,72                            | 6,0E-06              | 2,4E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 987,76        | 56,04       | 931,72       |         |                |
|                 |    |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 116,20                            | 6,0E-06              | 2,5E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 1000,95       | 56,29       | 944,66       |         |                |
|                 |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,2%                              | 1,1%                 | 1,9%   | 2,3%                             | 2,6%                             | 1,3%          | 0,4%        | 1,4%         |         |                |

| 50 a |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |        |                |
|------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--------|----------------|
|      | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle |                |
|      | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38         | 1,18        | 70,21        |        | Gewichtsanteil |
|      | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 92,37                             | 2,2E-06              | 2,5E-02  | 2,1E-01                          | 2,8E-02                          | 548,24        | 17,04       | 531,20       |        |                |
|      | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 41,18                             | 3,9E-06              | 1,1E-02  | 6,6E-02                          | 1,0E-02                          | 578,76        | 48,37       | 530,38       |        |                |
|      |    |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 135,19                            | 6,2E-06              | 3,6E-02  | 2,8E-01                          | 4,0E-02                          | 1198,38       | 66,59       | 1131,79      |        |                |
|      |    |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 138,46                            | 6,3E-06              | 3,7E-02  | 2,9E-01                          | 4,1E-02                          | 1218,28       | 67,26       | 1151,02      |        |                |
|      |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,4%                              | 1,2%                 | 2,7%   | 2,8%                             | 2,7%                             | 1,7%          | 1,0%        | 1,7%         |        |                |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 9                        | Anzahl Schichten     | 4       |
| Bauteilname: | Z-Zwo BoPl 2 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamfläche (m²)     | 3783,55 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35                       | 50              | 70,00             | 98,33%                | 2400              | 1651,94         |
| 3             | Bewehrungsstahl                 | 50              | 70,00             | 1,67%                 | 7800              | 91,18           |
| 4             | Magerbetonplombe (teillbereich) | 50              | 90,00             | 1,77%                 | 2100              | 33,45           |
| <b>Summe:</b> |                                 |                 |                   |                       |                   | <b>1782,58</b>  |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |                                    |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgCF <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 251,3                             | 1,02E-05             | 0,056                              | 0,48                             | 0,069                            | 2483,7        | 101,9       | 2381,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 396,7                             | 1,02E-05             | 0,105                              | 0,91                             | 0,152                            | 4272,7        | 137,1       | 4135,6       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 63,3% | 99,8% | 53,2% | 53,4% | 45,3% | 58,1% | 74,4% | 57,6% |
| Nutzung   | 26,3% | -1,3% | 25,3% | 30,0% | 34,7% | 36,0% | 13,0% | 36,7% |
| Entsorgung  | 10,4% | 1,5%  | 21,4% | 16,6% | 20,0% | 5,9%  | 12,6% | 5,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1   | 19,4%  | 0,0%   | 23,5%  | 26,6%  | 36,8%  | 32,4%  | 9,0%   | 33,4%  |
| 2   | 53,9%  | 36,2%  | 44,9%  | 50,7%  | 50,3%  | 29,0%  | 13,1%  | 29,7%  |
| 3   | 25,5%  | 63,3%  | 30,6%  | 20,9%  | 11,2%  | 37,9%  | 77,6%  | 36,2%  |
| 4   | 1,2%   | 0,5%   | 1,1%   | 1,5%   | 1,6%   | 0,7%   | 0,3%   | 0,7%   |
| Summe   | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1  | 39,4%  | 2,0%   | 38,0%  | 45,0%  | 52,0%  | 54,0%  | 19,5%  | 55,1%  |
| 2  | 42,6%  | 38,8%  | 44,5%  | 42,1%  | 34,4%  | 23,5%  | 22,7%  | 23,5%  |
| 3  | 16,3%  | 62,6%  | 16,7%  | 11,8%  | 10,8%  | 22,1%  | 57,6%  | 20,9%  |
| 4  | 1,1%   | 0,4%   | 0,7%   | 1,1%   | 2,8%   | 0,5%   | 0,2%   | 0,5%   |
| Summe  | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|----|---|--|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43 | 0 |  |  |  |  | 6,00            | 3783,55           | 22.701,30    |
| 15 | 1 |  |  |  |  | 1.651,94        | 3783,55           | 6.250.212,72 |
| 15 | 2 |  |  |  |  | 91,18           | 3783,55           | 344.991,66   |
| 15 | 1 |  |  |  |  | 33,45           | 3783,55           | 126.571,10   |
|    |   |  |  |  |  | 1.782,58        |                   | 5.744.476,78 |
|    |   |  |  |  |  |                 | 3783,55           | 6.744.476,78 |

Kontrolle

korrigiert von Ed. Züblin AG, da hier (ZZwo9) alle Wirkungsbilanzen gegenüber Spezialbauteile vom 18.2 nicht identisch Korrektur TU DA, 20.5. 2009

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |
|-----------------|----|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|                 | Z1 |   |  | Name                            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|                 | 43 | 0 |  | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 48,69                             | 0,0E+00              | 1,3E-02                | 1,3E-01                          | 2,5E-02                          | 805,25        | 9,22        | 796,03       |  |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                       | 135,45                            | 3,7E-06              | 2,5E-02                | 2,5E-01                          | 3,5E-02                          | 719,88        | 13,32       | 708,56       |  |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                 | 64,07                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,0E-01                          | 7,7E-03                          | 940,74        | 79,13       | 861,61       |  |
|                 | 15 | 1 |  | Magerbetonplombe (teillbereich) | 3,09                              | 5,3E-08              | 6,0E-04                | 7,4E-03                          | 1,7E-03                          | 17,81         | 0,28        | 17,53        |  |
|                 | S  | S |  |                                 | 251,26                            | 1,0E-05              | 5,6E-02                | 4,8E-01                          | 6,9E-02                          | 2483,68       | 101,94      | 2381,74      |  |
|                 |    |   |  |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |

| 50 a |    |   |  |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |
|------|----|---|--|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|      | Z1 |   |  | Name                            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|      | 43 | 0 |  | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 156,36                            | 2,1E-07              | 4,0E-02                | 4,1E-01                          | 7,9E-02                          | 2306,04       | 26,69       | 2279,35      |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                       | 168,88                            | 4,0E-06              | 4,7E-02                | 3,8E-01                          | 5,2E-02                          | 1002,36       | 31,16       | 971,20       |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                 | 67,24                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,1E-01                          | 1,6E-02                          | 944,92        | 78,98       | 865,95       |  |
|      | 15 | 1 |  | Magerbetonplombe (teillbereich) | 4,25                              | 4,0E-08              | 7,7E-04                | 9,7E-03                          | 4,3E-03                          | 19,35         | 0,22        | 19,12        |  |
|      | S  | S |  |                                 | 396,73                            | 1,0E-05              | 1,0E-01                | 9,1E-01                          | 1,5E-01                          | 4272,67       | 137,05      | 4135,62      |  |
|      |    |   |  |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                               |                      |         |
|--------------|-------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 10                            | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                               | Gesamtfläche (m²)    | 1352,16 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                   | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich           | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                     | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl               | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 4             | bituminöser Voranstrich       | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 5             | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1350              | 5,40            |
| 6             | PS 20 SE                      | 30              | 16,00             | 100,00%               | 20                | 3,20            |
| 7             | Rohglasvlies 120              | 30              | 0,08              | 100,00%               | 150               | 0,12            |
| 8             | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 30              | 0,18              | 100,00%               | 1300              | 2,34            |
| 9             | Polyestervlies 300ge          | 30              | 0,30              | 100,00%               | 100               | 0,30            |
| 10            | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 30              | 12,00             | 100,00%               | 933,35            | 112,00          |
| <b>Summe:</b> |                               |                 |                   |                       |                   | <b>824,07</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 100,9                             | 4,49E-06             | 0,026  | 0,74                             | 0,020                            | 1453,9        | 49,2        | 1404,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 148,3                             | 4,93E-06             | 0,046  | 1,42                             | 0,058                            | 2369,7        | 68,5        | 2301,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 68,1% | 91,0% | 57,0% | 52,1% | 35,2% | 61,4% | 71,8% | 61,0% |
| Nutzung   | 18,2% | 8,6%  | 22,0% | 43,1% | 26,5% | 34,2% | 18,2% | 34,7% |
| Entsorgung  | 13,8% | 0,4%  | 21,0% | 4,8%  | 38,3% | 4,4%  | 10,0% | 4,2%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 0,4%                              | 0,8%                 | 0,2%   | 0,2%                             | 1,1%                             | 1,2%          | 0,6%        | 1,2%         |
| 2   | 54,5%                             | 33,2%                | 38,8%  | 13,5%                            | 69,1%                            | 20,1%         | 11,0%       | 20,4%        |
| 3   | 25,4%                             | 57,2%                | 26,1%  | 5,5%                             | 15,1%                            | 25,9%         | 64,4%       | 24,5%        |
| 4   | 3,2%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 28,4%                            | 0,0%                             | 11,1%         | 7,4%        | 11,2%        |
| 5   | 5,4%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 48,7%                            | 0,0%                             | 19,0%         | 12,7%       | 19,2%        |
| 6   | 8,5%                              | 5,9%                 | 11,5%  | 2,5%                             | 9,4%                             | 18,0%         | 2,5%        | 18,6%        |
| 7   | 0,3%                              | 0,3%                 | 0,4%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,7%          | 0,1%        | 0,7%         |
| 8   | 1,1%                              | 1,4%                 | 20,7%  | 0,5%                             | 1,6%                             | 1,8%          | 0,9%        | 1,8%         |
| 9   | 0,7%                              | 0,7%                 | 1,1%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,7%          | 0,3%        | 1,7%         |
| 10  | 0,6%                              | 0,6%                 | 1,1%   | 0,5%                             | 2,8%                             | 0,6%          | 0,3%        | 0,6%         |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 1,1%                              | 2,7%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 1,8%                             | 3,0%          | 1,7%        | 3,1%         |
| 2  | 46,1%                             | 32,5%                | 41,0%  | 10,9%                            | 36,5%                            | 17,1%         | 18,3%       | 17,1%        |
| 3  | 18,1%                             | 51,8%                | 15,3%  | 3,0%                             | 11,4%                            | 15,9%         | 46,1%       | 15,1%        |
| 4  | 4,4%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 29,6%                            | 0,1%                             | 13,6%         | 10,7%       | 13,7%        |
| 5  | 7,6%                              | 0,0%                 | 0,3%   | 50,8%                            | 0,2%                             | 23,4%         | 18,4%       | 23,5%        |
| 6  | 11,7%                             | 10,6%                | 13,2%  | 2,6%                             | 7,7%                             | 22,1%         | 3,5%        | 22,7%        |
| 7  | 0,5%                              | 0,5%                 | 0,5%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,8%          | 0,2%        | 0,8%         |
| 8  | 3,3%                              | 1,4%                 | 23,9%  | 0,9%                             | 2,4%                             | 1,0%          | 0,9%        | 1,0%         |
| 9  | 1,2%                              | 1,1%                 | 1,3%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,9%          | 0,4%        | 1,9%         |
| 10   | 6,1%                              | -0,7%                | 3,8%   | 1,6%                             | 39,1%                            | 1,2%          | -0,2%       | 1,2%         |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²)   | Gewicht [kg]        |
|---------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 43            | 0               | 1352,16             | 419,17              |
| 15            | 1               | 1352,16             | 893,477,04          |
| 15            | 2               | 1352,16             | 49,317,06           |
| 21            | 0               | 1352,16             | 4,259,30            |
| 21            | 0               | 1352,16             | 7,301,66            |
| 21            | 3               | 1352,16             | 4,326,91            |
| 21            | 0               | 1352,16             | 162,26              |
| 21            | 0               | 1352,16             | 3,164,05            |
| 21            | 0               | 1352,16             | 405,65              |
| 21            | 0               | 1352,16             | 151,444,62          |
| <b>Summe:</b> |                 | <b>1,114,277,74</b> | <b>1,114,277,74</b> |

1352,16 1.114.277,74 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |                               |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|-----------------|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83         | 0,29        | 17,54        |  |
|                 | 15 | 1 | Beton B35                     | 54,96                             | 1,5E-06              | 1,0E-02  | 1,0E-01                          | 1,4E-02                          | 292,12        | 5,40        | 286,72       |  |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 25,63                             | 2,6E-06              | 6,8E-03  | 4,0E-02                          | 3,1E-03                          | 376,28        | 31,65       | 344,63       |  |
|                 | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 3,21                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 2,1E-01                          | 0,0E+00                          | 160,88        | 3,63        | 157,25       |  |
|                 | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 5,50                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 3,6E-01                          | 0,0E+00                          | 275,80        | 6,23        | 269,57       |  |
|                 | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 8,57                              | 2,6E-07              | 3,0E-03  | 1,8E-02                          | 1,9E-03                          | 262,28        | 1,21        | 261,08       |  |
|                 | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,27                              | 1,3E-08              | 1,2E-04  | 5,5E-04                          | 4,8E-05                          | 9,63          | 0,06        | 9,57         |  |
|                 | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 1,10                              | 6,2E-08              | 5,4E-03  | 3,9E-03                          | 3,2E-04                          | 26,23         | 0,42        | 25,81        |  |
|                 | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 0,69                              | 3,2E-08              | 2,9E-04  | 1,4E-03                          | 1,2E-04                          | 24,08         | 0,16        | 23,92        |  |
|                 | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 0,60                              | 2,5E-08              | 3,0E-04  | 3,5E-03                          | 5,7E-04                          | 8,79          | 0,12        | 8,66         |  |
|                 | S  | S |                               | 100,92                            | 4,5E-06              | 2,6E-02  | 7,4E-01                          | 2,0E-02                          | 1453,93       | 49,18       | 1404,74      |  |

i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O.

### 50 a

| 50 a |    |   |                               |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|------|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|      | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
|      | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38         | 1,18        | 70,21        |  |
|      | 15 | 1 | Beton B35                     | 68,34                             | 1,6E-06              | 1,9E-02  | 1,5E-01                          | 2,1E-02                          | 405,12        | 12,54       | 392,58       |  |
|      | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 26,90                             | 2,6E-06              | 7,0E-03  | 4,3E-02                          | 6,6E-03                          | 377,95        | 31,59       | 346,36       |  |
|      | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 6,54                              | 1,0E-09              | 8,3E-05  | 4,2E-01                          | 6,7E-05                          | 322,85        | 7,33        | 315,51       |  |
|      | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 11,21                             | 1,8E-09              | 1,4E-04  | 7,2E-01                          | 1,1E-04                          | 553,45        | 12,57       | 540,88       |  |
|      | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 17,36                             | 5,2E-07              | 6,1E-03  | 3,7E-02                          | 4,4E-03                          | 524,86        | 2,40        | 522,46       |  |
|      | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,69                              | 2,3E-08              | 2,4E-04  | 1,3E-03                          | 1,3E-04                          | 17,80         | 0,11        | 17,68        |  |
|      | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 4,88                              | 7,0E-08              | 1,1E-02  | 1,3E-02                          | 1,4E-03                          | 23,94         | 0,59        | 23,35        |  |
|      | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 1,71                              | 5,6E-08              | 6,0E-04  | 3,4E-03                          | 3,4E-04                          | 44,49         | 0,28        | 44,21        |  |
|      | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 8,99                              | -3,4E-08             | 1,7E-03  | 2,2E-02                          | 2,3E-02                          | 27,85         | -0,12       | 27,97        |  |
|      | S  | S |                               | 148,25                            | 4,9E-06              | 4,6E-02  | 1,4E+00                          | 5,8E-02                          | 2369,69       | 68,49       | 2301,20      |  |

i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O. i.O.

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 11                   | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamfläche (m²)     | 2353,29 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Beton B35               | 50              | 40,00             | 98,33%                | 2400              | 943,97          |
| 2             | Bewehrungsstahl         | 50              | 40,00             | 1,67%                 | 7800              | 52,10           |
| 3             | bituminöser Voranstrich | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 4             | Bauder PYE-PV 200 DD    | 30              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 5             | Bauder PYE-PV 200 S4 I  | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1050              | 4,20            |
| 6             | Gummigranulat 8 mm      | 30              | 0,80              | 100,00%               | 725               | 5,80            |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | <b>1015,22</b>  |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|--|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|  | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>x</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |  |
| Erstellungsjahr                                  | 140,0                      | 6,36E-06      | 0,029                                    | 1,11                       | 0,026                      | 2091,7 | 71,2  | 2020,5 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 194,9                      | 6,98E-06      | 0,048                                    | 2,12                       | 0,046                      | 3336,7 | 99,4  | 3237,3 |  |

| Ökologische Wirkung, gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |                            |               |  |                            |                            |       |       |       |  |
|---|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
|   | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|   | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>x</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellung  | 71,8%                      | 91,1%         | 60,9%                                    | 52,4%                      | 57,4%                      | 61,4% | 71,6% | 62,4% |  |
| Nutzung   | 15,6%                      | 7,8%          | 12,4%                                    | 43,4%                      | 7,4%                       | 34,2% | 18,4% | 33,9% |  |
| Entsorgung  | 12,6%                      | 1,0%          | 26,8%                                    | 4,2%                       | 35,1%                      | 4,4%  | 10,0% | 3,7%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²)   | Gewicht [kg]        |
|---------------|---|--|--|--|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| 15            | 1 |  |  |  |  | 943,97          | 2353,29             | 2.221.430,45        |
| 15            | 2 |  |  |  |  | 52,10           | 2353,29             | 122.615,82          |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 3,15            | 2353,29             | 7.412,96            |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 6,00            | 2353,29             | 14.119,74           |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 4,20            | 2353,29             | 9.883,62            |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 5,80            | 2353,29             | 13.649,08           |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  | <b>1.015,22</b> | <b>2.389.111,78</b> | <b>2.389.111,78</b> |

2353,29 2.389.111,78 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |           |
|-----------------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|-----------|
|                 | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>x</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² | Quelle    |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 77,40                          | 2,1E-06           | 1,4E-02                                       | 1,4E-01                       | 2,0E-02                       | 411,36     | 7,61     | 403,75    | Z-Zwo 9   |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 36,61                          | 3,7E-06           | 9,7E-03                                       | 5,8E-02                       | 4,4E-03                       | 537,57     | 45,21    | 492,35    | Z-Zwo 9   |
|                 | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 3,21                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 2,1E-01                       | 0,0E+00                       | 160,88     | 3,63     | 157,25    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 6,87                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 4,5E-01                       | 0,0E+00                       | 344,75     | 7,79     | 336,97    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 5,50                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 3,6E-01                       | 0,0E+00                       | 275,80     | 6,23     | 269,57    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 10,43                          | 5,9E-07           | 5,5E-03                                       | -1,0E-01                      | 2,1E-03                       | 361,37     | 0,72     | 360,64    | k. Quelle |
|                 | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 140,01                         | 0,00              | 0,03  | 1,11                          | 0,03                          | 2091,73    | 71,20    | 2020,53   |           |
|                 |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | 140,01                         | 6,4E-06           | 2,9E-02                                       | 1,1E+00                       | 2,6E-02                       | 2091,73    | 71,20    | 2020,53   |           |
|                 |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |           |

Gewichtsanteil

Dickenanteil

Deltabefrag

| 50 a |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |  |
|------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--|
|      | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>x</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 96,50                          | 2,3E-06           | 2,7E-02                                       | 2,2E-01                       | 3,0E-02                       | 572,78     | 17,80    | 554,97    |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 38,42                          | 3,7E-06           | 1,0E-02                                       | 6,1E-02                       | 9,4E-03                       | 539,96     | 45,13    | 494,83    |  |
|      | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 6,54                           | 1,0E-09           | 8,9E-05                                       | 4,2E-01                       | 6,7E-05                       | 322,85     | 7,33     | 315,51    |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 14,01                          | 2,2E-09           | 1,8E-04                                       | 9,0E-01                       | 1,4E-04                       | 691,81     | 15,72    | 676,09    |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 11,21                          | 1,8E-09           | 1,4E-04                                       | 7,2E-01                       | 1,1E-04                       | 553,45     | 12,57    | 540,88    |  |
|      | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 28,25                          | 1,1E-06           | 1,1E-02                                       | -2,2E-01                      | 6,2E-03                       | 655,87     | 0,87     | 655,00    |  |
|      | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 194,94                         | 0,00              | 0,05  | 2,12                          | 0,05                          | 3336,71    | 99,43    | 3237,28   |  |
|      |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | 194,94                         | 7,0E-06           | 4,8E-02                                       | 2,1E+00                       | 4,6E-02                       | 3336,71    | 99,43    | 3237,28   |  |
|      |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |  |



Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 13                       | Anzahl Schichten     | 7       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamtfäche (m²)     | 2476,09 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm                                | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 2             | Luftschicht ruhend   | 25              | 1,60              | 70,50%                | 0                 | 0,00            |
| 3             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm thermisch getrenntes Aluprofil | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 4             | Typ Schüco Royal S70.1, 8,75 kg/m²                         | 50              | 0,32              |                       | 2700              | 8,75            |
| 5             | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM                              | 25              | 0,10              | 25,40%                | 1150              | 0,29            |
| 6             | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR                               | 25              | 0,10              | 6,30%                 | 1500              | 0,09            |
| 7             | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn                             | 25              | 0,01              | 29,50%                | 1300              | 0,04            |
| <b>Summe:</b> |  |                 |                   |                       |                   | <b>30,32</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| Erstellungsjahr                                  | 129,8                             | 8,45E-06             | 0,058  | 0,61                             | 0,038                            | 2114,9        | 435,5       | 1679,4       |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 99,6                              | 4,22E-06             | 0,033  | 0,40                             | 0,049                            | 1085,3        | 131,9       | 953,3        |  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |        |        |         |         |         |  |
|---|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP     | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |  |
| Erstellung  | 130,3% | 200,4%  | 174,3%  | 153,4% | 76,5%  | 194,9%  | 330,1%  | 176,2%  |  |
| Nutzung   | 35,0%  | 19,2%   | 28,6%   | 38,4%  | 46,6%  | 25,2%   | 3,0%    | 28,3%   |  |
| Entsorgung  | -65,3% | -119,6% | -103,0% | -91,8% | -23,1% | -120,1% | -233,1% | -104,4% |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 2   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 4   | 82,7%                             | 87,5%                | 84,7%  | 78,5%                            | 48,4%                            | 80,9%         | 98,8%       | 76,2%        |  |
| 5   | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,2%                             | 0,3%                             | 1,1%          | 0,0%        | 1,4%         |  |
| 6   | 0,2%                              | 0,1%                 | 0,2%   | 0,1%                             | 0,1%                             | 0,3%          | 0,0%        | 0,4%         |  |
| 7   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 2  | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 4  | 30,1%                             | 61,6%                | 42,7%  | 23,3%                            | 6,9%                             | 49,6%         | 94,0%       | 43,5%        |  |
| 5  | 1,7%                              | 1,3%                 | 1,8%   | 0,8%                             | 0,7%                             | 4,0%          | 0,2%        | 4,5%         |  |
| 6  | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 1,2%          | 0,1%        | 1,4%         |  |
| 7  | 0,1%                              | 0,0%                 | 0,6%   | 0,1%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg]                |
|---------------|---|-----------------|-------------------|-----------------------------|
|               |   | Gewicht [kg/m²] |                   |                             |
| 24            | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65                   |
| 24            | 5 | 0,00            | 2476,09           | 0,00                        |
| 24            | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65                   |
| 24            | 2 | 8,75            | 2476,09           | 21.665,79                   |
| 24            | 0 | 0,29            | 2476,09           | 723,27                      |
| 24            | 0 | 0,09            | 2476,09           | 233,99                      |
| 24            | 0 | 0,04            | 2476,09           | 94,96                       |
| <b>Summe:</b> |   |                 |                   | <b>75.087,31</b>            |
|               |   |                 |                   | 2476,09 75.087,31 Kontrolle |

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|----|---|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 |    |   |  | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|                 | 24 | 5 |  | Verglasung, Glastyp GT1 6mm    | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
|                 | 24 | 5 |  | Luftschicht ruhend             | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
|                 | 24 | 5 |  | Verglasung, Glastyp GT1 6mm    | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
|                 | 24 | 2 |  | thermisch getrenntes Aluprofil | 107,28                            | 7,4E-06              | 4,9E-02  | 4,8E-01                          | 1,8E-02                          | 1710,07       | 430,35      | 1279,72      |
|                 | 24 | 0 |  | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM  | 0,66                              | 3,0E-08              | 2,9E-04  | 1,3E-03                          | 1,2E-04                          | 23,27         | 0,15        | 23,12        |
|                 | 24 | 0 |  | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR   | 0,21                              | 9,5E-09              | 8,8E-05  | 4,1E-04                          | 3,6E-05                          | 7,22          | 0,05        | 7,18         |
|                 | 24 | 0 |  | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn | 0,02                              | 1,1E-09              | 9,2E-05  | 6,7E-05                          | 5,4E-06                          | 0,45          | 0,01        | 0,44         |
|                 | S  | S |  |                                | 129,79                            | 8,4E-06              | 5,8E-02  | 6,1E-01                          | 3,8E-02                          | 2114,87       | 435,49      | 1679,38      |
|                 |    |   |  |                                | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |

#### 50 a

| Erstellungsjahr |    |   |    |                                |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|----|---|----|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 |    |   | Z1 | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|                 | 24 | 5 |    | Verglasung, Glastyp GT1 6mm    | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
|                 | 24 | 5 |    | Luftschicht ruhend             | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
|                 | 24 | 5 |    | Verglasung, Glastyp GT1 6mm    | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
|                 | 24 | 2 |    | thermisch getrenntes Aluprofil | 29,93                             | 2,6E-06              | 1,4E-02  | 9,3E-02                          | 3,4E-03                          | 538,65        | 123,99      | 414,66       |
|                 | 24 | 0 |    | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM  | 1,66                              | 5,4E-08              | 5,8E-04  | 3,3E-03                          | 3,3E-04                          | 42,99         | 0,27        | 42,71        |
|                 | 24 | 0 |    | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR   | 0,52                              | 1,7E-08              | 1,8E-04  | 1,0E-03                          | 1,0E-04                          | 13,29         | 0,08        | 13,21        |
|                 | 24 | 0 |    | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn | 0,06                              | 1,2E-09              | 1,9E-04  | 2,1E-04                          | 2,3E-05                          | 0,43          | 0,01        | 0,42         |
|                 | S  | S |    |                                | 99,61                             | 4,2E-06              | 3,3E-02  | 4,0E-01                          | 4,9E-02                          | 1085,25       | 131,33      | 953,32       |
|                 |    |   |    |                                | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |





Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                                |                      |         |
|--------------|--------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 19                             | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                                | Gesamtfläche (m²)    | 4034,99 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Epoxidharz-Beschichtung | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35               | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl         | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | 703,25          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                            |               |                |                            |                            |        |       |        |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|--|
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2F4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>2</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |  |
| Erstellungsjahr  | 129,3                      | 4,06E-06      | 0,030          | 0,27                       | 0,042                      | 1473,6 | 46,3  | 1427,4 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 251,6                      | 3,95E-06      | 0,066          | 0,61                       | 0,106                      | 3089,1 | 70,8  | 3018,3 |  |

| Ökologische Wirkung, Ggliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |                            |               |                |                            |                            |       |       |       |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2F4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>2</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellung   | 51,4%                      | 102,8%        | 45,8%          | 44,6%                      | 39,9%                      | 47,7% | 65,3% | 47,3% |  |
| Nutzung  | 41,4%                      | -3,5%         | 40,5%          | 44,9%                      | 49,4%                      | 49,8% | 25,1% | 50,3% |  |
| Entsorgung   | 7,2%                       | 0,7%          | 13,7%          | 10,4%                      | 10,8%                      | 2,5%  | 9,5%  | 2,4%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43            | 0 |  |  |  | 6,00            | 4034,99           | 24.209,94    |
| 15            | 1 |  |  |  | 660,78          | 4034,99           | 2.666.231,01 |
| 15            | 2 |  |  |  | 36,47           | 4034,99           | 147.167,38   |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |                 | 703,25            | 2.837.608,33 |

4034,99 2.837.608,33 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                      |                            |               |                |                            |                            |         |       |         |         |  |  |
|-----------------|----|---|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------|-------|---------|---------|--|--|
|                 | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges    | Ee    | Ene     | Quelle  |  |  |
|                 |    |   |  |                                      | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²   | MJ/m² | MJ/m²   |         |  |  |
|                 | 43 | 0 |  | Epoxidharz-Beschichtung              | 48,69                      | 0,0E+00       | 1,3E-02        | 1,3E-01                    | 2,5E-02                    | 805,25  | 9,22  | 796,03  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                            | 54,18                      | 1,5E-06       | 1,0E-02        | 9,8E-02                    | 1,4E-02                    | 287,95  | 5,33  | 282,82  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                      | 25,63                      | 2,6E-06       | 6,8E-03        | 4,0E-02                    | 3,1E-03                    | 376,30  | 31,65 | 344,65  | Z-Zwo 9 |  |  |
|                 | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter     | 129,30                     | 4,0E-06       | 3,0E-02        | 2,7E-01                    | 4,2E-02                    | 1469,50 | 46,20 | 1423,30 |         |  |  |
|                 |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert               | 129,28                     | 4,1E-06       | 3,0E-02        | 2,7E-01                    | 4,2E-02                    | 1473,69 | 46,27 | 1427,37 |         |  |  |
|                 |    |   |  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,6%                       | 0,5%          | 0,5%           | 0,5%                       | 0,5%                       | 0,3%    | 0,2%  | 0,3%    |         |  |  |

| 50 a |    |   |  |                                      |                            |               |                |                            |                            |         |       |         |        |  |  |
|------|----|---|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|---------|-------|---------|--------|--|--|
|      | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges    | Ee    | Ene     | Quelle |  |  |
|      |    |   |  |                                      | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²   | MJ/m² | MJ/m²   |        |  |  |
|      | 43 | 0 |  | Epoxidharz-Beschichtung              | 156,36                     | 0,00          | 0,04           | 0,41                       | 0,08                       | 2306,04 | 26,69 | 2279,35 |        |  |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                            | 67,55                      | 0,00          | 0,02           | 0,15                       | 0,02                       | 400,94  | 12,46 | 388,48  |        |  |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                      | 26,90                      | 0,00          | 0,01           | 0,04                       | 0,01                       | 377,57  | 31,59 | 346,58  |        |  |  |
|      | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter     | 250,81                     | 3,9E-06       | 6,5E-02        | 6,0E-01                    | 1,1E-01                    | 3084,95 | 70,75 | 3014,20 |        |  |  |
|      |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert               | 251,89                     | 4,0E-06       | 6,6E-02        | 6,1E-01                    | 1,1E-01                    | 3089,10 | 70,82 | 3018,28 |        |  |  |
|      |    |   |  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,3%                       | 0,5%          | 0,2%           | 0,2%                       | 0,2%                       | 0,1%    | 0,1%  | 0,1%    |        |  |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 22                   | Anzahl Schichten     | 8       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamtfäche (m²)     | 3135,18 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 3             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 4             | Metallständer CW Profil 50 | 50              | 5,00              |                       | 50                | 2,50            |
| 5             | Dämmung Mineralwolle       | 30              | 4,00              | 100,00%               | 22                | 0,88            |
| 6             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 7             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 8             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b> |                            |                 |                   |                       |                   | <b>44,00</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| Erstellungsjahr  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 15,2   | 7,65E-07                       | 0,004             | 0,04  | 0,005                         | 261,5                         | 23,3       | 238,1    |           |
| 28,9   | 1,68E-06                       | 0,005             | 0,07  | 0,017                         | 491,4                         | 45,5       | 445,9    |           |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |        |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung   | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 56,2% |
| Entsorgung  | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| 2   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 3   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 4   | 28,7%                          | 2,2%              | 47,5%   | 32,2%                         | 23,2%                         | 23,3%      | 8,4%     | 24,7%     |
| 5   | 6,7%                           | 5,0%              | 8,2%  | 13,0%                         | 10,4%                         | 5,2%       | 0,9%     | 5,6%      |
| 6   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 7   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 8   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| 2  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 3  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 4  | 8,1%                           | 6,0%              | 9,7%  | 4,7%                          | 1,9%                          | 5,3%       | 3,9%     | 5,4%      |
| 5  | 10,5%                          | 3,4%              | 13,0%   | 17,5%                         | 7,7%                          | 3,4%       | 0,7%     | 3,6%      |
| 6  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 7  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 8  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfäche (m²) | Gewicht [kg]      |
|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 2               | 3135,18          | 7,837,95          |
| 36            | 0               | 3135,18          | 2,759,96          |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| <b>Summe:</b> |                 |                  | <b>137.947,92</b> |

3135,18 137.947,92 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|-----------------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|                 | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 4,37              | 1,7E-08                                       | 1,9E-03                       | 1,2E-02                       | 1,1E-03    | 60,84    | 1,95      | 58,89  |  |  |  |
|                 | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 1,01              | 3,9E-08                                       | 3,3E-04                       | 4,9E-03                       | 5,1E-04    | 13,62    | 0,22      | 13,41  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | S  | S                   |                                | 15,22             | 7,7E-07                                       | 4,0E-03                       | 3,7E-02                       | 4,9E-03    | 261,45   | 23,33     | 238,13 |  |  |  |

| 50 a |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|      | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 1,76              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 25,82    | 1,79      | 24,03  |  |  |  |
|      | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 3,03              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 16,52    | 0,34      | 16,18  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | S  | S                   |                                | 28,36             | 1,7E-06                                       | 5,4E-03                       | 6,6E-02                       | 1,7E-02    | 491,42   | 45,49     | 445,93 |  |  |  |



Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                              |                      |         |
|--------------|------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 24                           | Anzahl Schichten     | 2       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                              | Gesamfläche (m²)     | 1853,91 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung ESG                 | 30              | 0,80              |                       | 2500              | 20,00           |
| 2             | Metallständer, Alu beschichtet | 50              | 10,00             |                       |                   | 11,76           |
| <b>Summe:</b> |                                |                 |                   |                       |                   | 31,76           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 40,2                              | 9,98E-07             | 0,017                  | 0,17                             | 0,023                            | 625,4         | 13,6        | 611,8        |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 48,9                              | 2,30E-06             | 0,018                  | 0,25                             | 0,040                            | 801,6         | 17,3        | 784,4        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |       |        |       |        |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |
| Erstellung  | 82,2%  | 43,5% | 92,5%  | 69,0%  | 56,9% | 78,0%  | 78,9% | 78,0%  |
| Nutzung   | 41,5%  | 39,7% | 43,1%  | 47,1%  | 48,2% | 42,4%  | 25,7% | 42,8%  |
| Entsorgung  | -23,7% | 16,8% | -35,8% | -16,1% | -5,1% | -20,4% | -4,6% | -20,8% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 48,9%                             | 92,1%                | 46,0%                  | 67,6%                            | 76,6%                            | 54,2%         | 32,8%       | 54,7%        |
| 2   | 51,1%                             | 7,9%                 | 54,0%                  | 32,4%                            | 23,4%                            | 45,8%         | 67,2%       | 45,3%        |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%                 | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 83,0%                             | 79,5%                | 86,1%                  | 94,3%                            | 96,3%                            | 84,9%         | 51,4%       | 85,6%        |
| 2  | 17,0%                             | 20,5%                | 13,9%                  | 5,7%                             | 3,7%                             | 15,1%         | 48,6%       | 14,4%        |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%                 | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtlänge (m) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|--|--|--|--|-----------------|-----------------|--------------|
| 36            | 5 |  |  |  |  | 20,00           | 1853,91         | 37.078,20    |
| 36            | 2 |  |  |  |  | 11,76           | 1853,91         | 21.801,98    |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  | 31,76           |                 | 58.880,18    |

1853,91 58.880,18 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |  |                                |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|----|---|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 |    |   |  |  | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|                 | 36 | 5 |  |  | Verglasung ESG                 | 19,62                             | 0,00                 | 0,01                   | 0,12                             | 0,02                             | 339,23        | 4,47        | 334,75       |
|                 | 36 | 2 |  |  | Metallständer, Alu beschichtet | 20,53                             | 0,00                 | 0,01                   | 0,06                             | 0,01                             | 286,20        | 9,17        | 277,03       |
|                 | S  | S |  |  |                                | 40,16                             | 1,0E-06              | 1,7E-02                | 1,7E-01                          | 2,3E-02                          | 625,43        | 13,65       | 611,78       |
|                 |    |   |  |  |                                | 1,0                               | 1,0                  | 1,0                    | 1,0                              | 1,0                              | 1,0           | 1,0         | 1,0          |

| 50 a |    |   |  |  |                                |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |
|------|----|---|--|--|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|      |    |   |  |  | Name Bauteilschicht            | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|      | 36 | 5 |  |  | Verglasung ESG                 | 40,58                             | 0,00                 | 0,02                   | 0,24                             | 0,04                             | 680,21        | 8,88        | 671,33       |
|      | 36 | 2 |  |  | Metallständer, Alu beschichtet | 8,25                              | 0,00                 | 0,00                   | 0,01                             | 0,00                             | 121,43        | 8,41        | 113,03       |
|      | S  | S |  |  |                                | 48,83                             | 2,3E-06              | 1,8E-02                | 2,5E-01                          | 4,0E-02                          | 801,65        | 17,29       | 784,35       |
|      |    |   |  |  |                                | 1,0                               | 1,0                  | 1,0                    | 1,0                              | 1,0                              | 1,0           | 1,0         | 1,0          |

**Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile**  
 von Ed. Züblin AG

| 25. Mai 09                              |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |           |           | Spezialbauteile |  |  |
|---|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------------|--|--|
|   |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9                         | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |           |           |                 |  |  |
|   |  | 17                                    | 19                           | ZZwo9                   | ZZwo23               | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo24                       | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                                |           |           |                 |  |  |
| BT-Name                                 |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |           |           |                 |  |  |
| Fläche                                  |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |           |           |                 |  |  |
|   |  | 14,0%                                 | 10,6%                        | 9,9%                    | 8,2%                 | 8,0%                       | 2,8%                      | 6,5%                                 | 6,2%                 | 5,9%                      | 4,9%                         | 3,5%                          | 3,3%                | 2,6%                                 |           |           |                 |  |  |
| alle 13 Bte                             |  | Fläche                                | 34.411,5 m²                  | alle Bte                | 38.089,7             | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| kg/Flä                                  |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                                |           |           |                 |  |  |
| Σ kg                                    |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |           |           |                 |  |  |
|   |  | 17,15%                                | 11,66%                       | 27,72%                  | 0,57%                | 6,01%                      | 0,02%                     | 0,31%                                | 9,82%                | 8,92%                     | 0,24%                        | 4,58%                         | 2,56%               | 3,25%                                |           |           |                 |  |  |
| alle 13 Bte                             |  | Σ kg                                  | 22.580.781,8                 | alle Bte                | 24.331.789           | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - Gewicht |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
|   |  | DE7                                   | DE9                          | BoPL2                   | WA5                  | WA6                        | SS2                       | FF2                                  | DE8                  | WA8                       | WA4                          | DE6                           | WA7                 | DE5                                  |           |           |                 |  |  |
| 15                                      |  | 21.411.222,2                          | 94,8%                        | 3.712.858,4             | 2.813.398,4          | 6.721.775,5                |                           |                                      |                      |                           |                              | 942.794,1                     | 602.746,2           | 706.621,6                            |           |           |                 |  |  |
| 21                                      |  | 216.130,0                             | 1,0%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              | 171.064,5                     |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 24                                      |  | 75.087,3                              | 0,3%                         |                         |                      |                            |                           | 75.087,3                             |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 25                                      |  | 19.240,2                              | 0,1%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               | 19.240,2            |                                      |           |           |                 |  |  |
| 26                                      |  | 4.336,2                               | 0,0%                         |                         |                      |                            |                           | 4.336,2                              |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 27                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 31                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 32                                      |  | 63.935,1                              | 0,3%                         |                         |                      |                            |                           | 63.935,1                             |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 33                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 34                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 35                                      |  | 5.046,3                               | 0,0%                         | 4.260,0                 |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 36                                      |  | 194.894,3                             | 0,9%                         |                         |                      |                            | 136.004,1                 |                                      |                      |                           |                              | 58.880,2                      |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 37                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 38                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 39                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 40                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 41                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 42                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 43                                      |  | 52.960,7                              | 0,2%                         | 1.650,8                 | 24.209,9             | 22.701,3                   | 1.943,8                   | 943,8                                |                      |                           | 701,3                        | 419,2                         | 390,6               |                                      |           |           |                 |  |  |
| 44                                      |  | 537.939,4                             | 2,4%                         | 454.116,0               |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      | 83.823,4  |           |                 |  |  |
| 45                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 46                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 47                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| 48                                      |  |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
| Gewicht                                 |  | Σ =                                   | 100,0%                       | 4.172.885,1             | 2.837.608,3          | 6.744.476,8                | 137.947,9                 | 1.461.417,0                          | 4.336,2              | 75.087,3                  | 2.389.111,8                  | 2.171.145,1                   | 58.880,2            | 1.114.277,7                          | 622.377,0 | 791.231,3 |                 |  |  |
|   |  | 22.580.781,8                          |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |
|   |  | 22.580.781,8                          |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |           |           |                 |  |  |

| Metallgruppen Verteilung - Gewicht |           |              |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
|------------------------------------|-----------|--------------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                                    |           | DE7          | DE9    | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2       | FF2         | DE8      | WA8         | WA4         | DE6         | WA7       | DE5         |           |           |
| 0                                  | Sonstiges | 992.223,9    | 4,4%   | 455.873,3   | 34.209,9    | 22.701,3    | 127.351,0 | 64.878,9    | 1.052,2  | 45.065,5    | 701,3       | 167.156,7   | 390,6     | 83.843,1    |           |           |
| 1                                  | Beton     | 20.257.293,8 | 89,7%  | 3.519.640,7 | 2.666.231,0 | 6.376.783,8 |           | 1.317.222,0 |          | 2.221.430,5 | 2.044.096,6 | 893.477,0   | 569.920,7 | 649.491,5   |           |           |
| 2                                  | Metall    | 1.204.890,5  | 5,3%   | 198.371,2   | 147.167,4   | 344.991,7   | 7.838,0   | 79.316,1    | 4.336,2  | 21.665,8    | 122.615,8   | 126.347,2   | 21.802,0  | 49.317,1    | 44.505,7  | 36.616,5  |
| 3                                  | Dämmung   | 35.926,1     | 0,2%   |             |             |             | 2.759,0   |             |          |             |             |             |           | 4.326,9     | 7.560,0   | 21.280,2  |
| 4                                  |           |              |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
| 5                                  | Glas      | 89.447,5     | 0,4%   |             |             |             |           |             | 52.369,3 |             |             | 37.078,2    |           |             |           |           |
| Gewicht                            |           | Σ =          | 100,0% | 4.172.885,1 | 2.837.608,3 | 6.744.476,8 | 137.947,9 | 1.461.417,0 | 4.336,2  | 75.087,3    | 2.389.111,8 | 2.171.145,1 | 58.880,2  | 1.114.277,7 | 622.377,0 | 791.231,3 |
|                                    |           | 22.580.781,8 |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
|                                    |           | 22.580.781,8 |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |



Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                          | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9                        | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo3                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                        | ZZwo4                        | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AW2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                  | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                            | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                          |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 490,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                    | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σ kg        |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1              | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σ kg                                  |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                            | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                          |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 21.036.122,3 | 47,4%       | 3.559.227,7 | 2.680.230,2 | 6.350.417,0 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdic  | 3.727.397,9  | 8,4%        |             |             | 1.392.331,3 |             | 2.233.094,2 | 2.194.313,3 |             | 903.783,2   | 601.559,6   | 1.121.165,8 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 5.236.616,8  | 11,8%       |             |             |             |             | 5.236.616,8 | 2.689.351,9 |             | 1.038.046,0 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 2.077.593,4  | 4,7%        |             |             |             |             |             |             |             |             | 2.077.593,4 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.991.498,8  | 4,5%        |             |             |             | 1.991.498,8 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 80.357,9     | 0,2%        |             |             | 80.357,9    |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 391.920,3    | 0,9%        | 330.850,0   |             |             |             |             |             |             |             |             | 61.070,3    |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 1.867.388,3  | 4,2%        |             |             | 707.899,8   |             |             |             | 1.159.488,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 6.643.839,5  | 15,0%       | 94.951,1    | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 111.808,0   | 54.287,6    |             |             | 40.340,2    | 24.110,6    | 22.467,3    |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 1.328.516,9  | 3,0%        | 1.121.503,2 |             |             |             |             |             |             |             |             | 207.013,7   |             |
| Σ =          |    | 100,0%     | 5.106.532,1  | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
 44.381.252,0  
 4086,7 pro NGF  
 alle Bte: 4543,47 89,9%

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- 50a

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 24.680.224,9 | 39%          | 4.169.828,1  | 3.142.909,2 | 7.440.843,3 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdic  | 7.282.502,3  | 12%          |              |             | 1.621.216,1 |             | 2.618.585,6 | 2.549.651,9 |             | 1.058.830,9 | 704.759,7   | 1.373.600,3 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 2.687.176,8  | 4%           |              |             |             |             | 2.687.176,8 | 5.233.657,5 |             | 2.048.844,8 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 1.534.928,9  | 2%           |              |             |             |             |             |             |             |             | 1.534.928,9 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.254.590,7  | 2%           |              |             |             | 1.254.590,7 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 100.900,3    | 0%           |              |             | 100.900,3   |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 765.013,2    | 1%           | 645.806,4    |             |             |             |             |             |             |             |             | 119.206,8   |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 2.579.288,6  | 4%           |              |             | 1.093.108,0 |             |             |             | 1.486.181,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 18.422.822,0 | 31%          | 380.107,6    | 9.304.840,9 | 8.725.010,7 | 447.589,0   | 217.323,7   |             | 161.489,7   | 96.519,5    | 89.940,9    | 389.835,4   |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 2.501.780,8  | 4%           | 2.111.945,4  |             |             |             |             |             |             |             |             | 389.835,4   |             |
| Σ =          |    | 100,0%     | 7.307.687,5  | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
 62.809.229,4  
 5783,5 pro NGF  
 alle Bte: 6204,46 93,22%

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

|     |           | DE7          | DE9         | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|-----|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0   | Sonstiges | 12.248.693,5 | 27,6%       | 1.446.220,6 | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 586.241,3   | 134.645,5   | 76.620,8    | 2.689.351,9 | 40.340,2    | 707.506,1   | 22.467,3    | 249.425,3   |             |
| 1   | Beton     | 8.886.387,5  | 20,0%       | 1.555.580,3 | 1.161.878,6 | 2.791.077,9 |             | 574.013,3   |             | 968.045,3   | 890.787,6   | 394.998,4   | 262.911,6   | 287.134,5   |             |
| 2   | Metall    | 20.712.987,0 | 46,7%       | 2.104.751,1 | 1.518.351,6 | 3.559.339,1 | 190.752,2   | 818.318,0   | 1.991.498,8 | 4.234.297,6 | 1.265.048,8 | 1.303.545,7 | 530.594,8   | 388.507,4   |             |
| 3   | Dämmung   | 978.591,9    | 2,2%        |             |             |             | 42.714,4    |             |             |             |             |             | 354.650,6   | 117.044,4   |             |
| 4   |           |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 464.182,5   |             |
| 5   | Glas      | 1.554.592,1  | 3,5%        |             |             |             |             |             | 925.698,3   |             |             | 628.893,7   |             |             |             |
| Σ = |           | 100,0%       | 5.106.532,1 | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
 44.381.252,0

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- 50 a

|     |           | DE7          | DE9         | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|-----|-----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0   | Sonstiges | 30.413.305,9 | 48,4%       | 3.094.970,4  | 9.304.840,9  | 8.725.010,7 | 1.407.965,3 | 318.224,0   | 140.415,1   | 5.233.657,5 | 161.489,7   | 1.435.665,9 | 89.940,9    | 501.125,4   |             |
| 1   | Beton     | 12.338.786,7 | 19,6%       | 2.157.248,0  | 1.617.804,1  | 3.865.672,5 |             | 799.258,2   |             | 1.347.909,9 | 1.240.308,0 | 547.783,0   | 364.605,3   | 398.197,6   |             |
| 2   | Metall    | 15.982.880,8 | 25,4%       | 2.055.469,1  | 1.525.105,1  | 3.575.170,8 | 80.934,7    | 821.957,8   | 1.254.590,7 | 1.333.746,9 | 1.270.675,7 | 1.309.343,8 | 225.127,2   | 1.640.300,5 |             |
| 3   | Dämmung   | 1.600.186,8  | 2,5%        |              |              |             | 51.797,1    |             |             |             |             |             | 234.782,7   | 603.908,7   |             |
| 4   |           |              |             |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 5   | Glas      | 2.474.069,2  | 3,9%        |              |              |             |             |             | 1.213.014,8 |             |             | 1.261.054,4 |             |             |             |
| Σ = |           | 100,0%       | 7.307.687,5 | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
 62.809.229,4

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                                       |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           |                          | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                           |                            |                               | Spezialbauteile     |                                   |           |  |
|---|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------|--|
|   | 1                                    | 2 <sup>1)</sup>                       | 3                            | 4                       | 5                    | 6                          | 7                         | 8                        | 9 <sup>1)</sup>                      | 10                        | 11                         | 12                            | 13                  |                                   |           |  |
|   | BT-Name                              | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Z-Zwo FD2 (Decke TG)                 | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strahlwand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller |           |  |
|   | Fläche                               | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                  | 2.353,3                              | 2.262,3                   | 1.853,9                    | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                             |           |  |
|   | Σ                                    | 15,3%                                 | 11,7%                        | 11,0%                   | 9,1%                 | 8,8%                       | 7,4%                      | 7,2%                     | 6,8%                                 | 6,8%                      | 5,4%                       | 3,9%                          | 3,7%                | 2,9%                              |           |  |
| alle 13 Bte   | Fläche                               | 34.411,5 m²                           |                              | 38.089,7                |                      | 90,34%                     |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
|   | kg/Flä                               | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                     | 1.015,2                              | 959,7                     | 31,8                       | 854,1                         | 494,0               | 805,0                             |           |  |
|   | Σkg                                  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                 | 2.389.111,8                          | 2.171.145,1               | 58.880,2                   | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                         |           |  |
| alle 13 Bte   | Σkg                                  | 22.580.781,8                          |                              | 24.331.789              |                      | 92,80%                     |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
|   | Spaltenbezug                         | S/S                                   | DE7                          | DE9                     | BoPL2                | WA5                        | WA6                       | SS2                      | FF2                                  | DE8                       | WA8                        | WA4                           | DE6                 | WA7                               | DE5       |  |
| 15  |                                      | 2.487.544,4                           | 65,8%                        | 429.141,8               | 322.017,3            | 766.550,2                  |                           | 163.733,3                |                                      | 268.296,0                 | 256.377,7                  |                               | 108.970,6           | 72.531,0                          | 99.926,5  |  |
| 21  |                                      | 88.143,8                              | 2,3%                         |                         |                      |                            |                           |                          |                                      | 61.187,9                  |                            |                               | 28.955,9            |                                   |           |  |
| 24  |                                      | 321.366,8                             | 8,5%                         |                         |                      |                            |                           |                          | 321.366,8                            |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 25  |                                      | 131.750,1                             | 3,5%                         |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     | 131.750,1                         |           |  |
| 26  |                                      | 124.929,1                             | 3,3%                         |                         |                      |                            |                           | 124.929,1                |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 31  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 32  |                                      | 14.304,4                              | 0,4%                         |                         |                      |                            |                           | 14.304,4                 |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 33  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 34  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 35  |                                      | 25.224,4                              | 0,7%                         | 21.293,9                |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   | 3.930,6   |  |
| 36  |                                      | 119.673,1                             | 3,2%                         |                         |                      |                            | 45.228,7                  |                          |                                      |                           |                            | 74.444,4                      |                     |                                   |           |  |
| 37  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 38  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 39  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 40  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 41  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 42  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 43  |                                      | 388.483,5                             | 10,3%                        | 2.120,4                 | 196.478,2            | 184.234,7                  | 2.496,8                   | 1.212,3                  |                                      | 900,9                     |                            |                               | 538,4               | 501,7                             |           |  |
| 44  |                                      | 76.888,4                              | 2,0%                         | 64.907,4                |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   | 11.981,0  |  |
| 45  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 46  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 47  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 48  |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
|   | Σ=                                   | 100,0%                                | 517.463,5                    | 518.495,5               | 950.784,9            | 47.725,5                   | 179.250,1                 | 124.929,1                | 321.366,8                            | 329.483,8                 | 257.278,6                  | 74.444,4                      | 136.464,9           | 204.782,9                         | 115.838,1 |  |
| S   |                                      | 3.778.308,0                           |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
|   |                                      |                                       | 97,2                         | 128,5                   | 251,3                | 15,2                       | 58,9                      | 115,2                    | 129,8                                | 140,0                     | 113,7                      | 40,2                          | 100,9               | 162,5                             | 117,9     |  |
|   |                                      |                                       | 97,2                         | 128,5                   | 251,3                | 15,2                       | 58,9                      | 115,2                    | 129,8                                | 140,0                     | 113,7                      | 40,2                          | 100,9               | 162,5                             | 117,9     |  |
|   |                                      | 347,9                                 | pro NGF                      |                         | alle Btte:           |                            | 384,9                     | 90,4%                    |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |
| 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |                                      |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                          |                                      |                           |                            |                               |                     |                                   |           |  |

| Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- 50a  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|-------------|-------------|-----------|-------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Spaltenbezug  | S/S         | DE7         | DE9       | BoPL2       | WA5         | WA6      | SS2       | FF2       | DE8       | WA8       | WA4       | DE6       | WA7       | DE5       |           |
| 15  | 2.959.546,8 | 56%         | 507.117,9 | 381.103,2   | 909.464,8   |          | 193.154,1 |           | 317.524,7 | 302.147,1 |           | 128.970,6 | 85.710,1  | 134.554,1 |           |
| 21  | 210.696,6   | 4%          |           |             |             |          |           |           | 141.219,3 |           |           | 69.479,4  |           |           |           |
| 24  | 246.614,6   | 5%          |           |             |             |          |           | 246.614,6 |           |           |           |           |           |           |           |
| 25  | 91.267,0    | 2%          |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           | 91.267,0  |           |           |
| 26  | 69.719,8    | 1%          |           |             |             |          | 69.719,8  |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32  | 25.480,0    | 0%          |           |             |             |          | 25.480,0  |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35  | 52.459,7    | 1%          | 44.285,3  |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           | 8.174,4   |           |
| 36  | 171.096,2   | 3%          |           |             |             | 80.492,1 |           |           |           |           | 90.604,1  |           |           |           |           |
| 37  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43  | 1.254.422,0 | 24%         | 8.711,3   | 630.906,3   | 591.591,5   | 10.257,9 | 4.980,6   |           | 3.701,0   |           |           | 2.212,0   | 2.061,3   |           |           |
| 44  | 178.515,3   | 3%          | 150.698,4 |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           | 27.816,8  |           |
| 45  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48  |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|   | Σ=          | 100,0%      | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9 | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1  | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
| S   |             | 5.259.820,1 |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|   |             |             | 133,5     | 250,8       | 396,7       | 28,9     | 73,4      | 64,3      | 99,6      | 194,9     | 135,2     | 48,9      | 148,3     | 142,1     | 173,5     |
|   |             |             | 133,5     | 250,8       | 396,7       | 28,9     | 73,4      | 64,3      | 99,6      | 194,9     | 135,2     | 48,9      | 148,3     | 142,1     | 173,5     |
|   |             | 484,3       | pro NGF   |             | alle Btte:  |          | 525,60    | 92,1%     |           |           |           |           |           |           |           |
| 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |             |             |           |             |             |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

| Materialspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG |           |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|--|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|  |           | DE7         | DE9       | BoPL2     | WA5       | WA6       | SS2       | FF2       | DE8       | WA8       | WA4       | DE6      | WA7       | DE5       |           |
| 0  | Sonstiges | 603.430,6   | 16,0%     | 81.089,6  | 196.478,2 | 184.234,7 | 30.863,5  | 15.516,7  | 2.197,6   | 61.187,9  | 900,9     | 15.906,8 | 501,7     | 14.572,9  |           |
| 1  | Beton     | 1.670.994,3 | 44,2%     | 292.683,3 | 218.610,9 | 524.143,6 |           | 108.002,3 |           | 182.140,6 | 167.600,6 | 74.320,1 | 49.467,6  | 54.025,2  |           |
| 2  | Metall    | 1.369.775,5 | 36,3%     | 143.710,5 | 103.406,4 | 242.406,5 | 13.685,1  | 55.731,0  | 124.929,1 | 265.622,6 | 86.155,3  | 88.777,2 | 38.066,3  | 26.526,9  |           |
| 3  | Dämmung   | 44.182,7    | 1,2%      |           |           |           | 3.176,9   |           |           |           |           | 11.587,5 | 8.705,3   | 20.713,0  |           |
| 4  |           |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5  | Glas      | 89.924,9    | 2,4%      |           |           |           |           |           | 53.546,7  |           |           | 36.378,2 |           |           |           |
|  | Σ=        | 100,0%      | 517.463,5 | 518.495,5 | 950.784,9 | 47.725,5  | 179.250,1 | 124.929,1 | 321.366,8 | 329.483,8 | 257.278,6 | 74.444,4 | 136.464,9 | 204.782,9 | 115.838,1 |
|  |           | 3.778.308,0 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|  |           | 3.778.308,0 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |

| Materialspezifische Verteilung - GWP --- 50 a |           |             |           |             |             |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|---|-----------|-------------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|   |           | DE7         | DE9       | BoPL2       | WA5         | WA6       | SS2       | FF2       | DE8       | WA8       | WA4       | DE6      | WA7       | DE5       |           |
| 0   | Sonstiges | 1.765.689,2 | 33,6%     | 200.766,9   | 630.906,3   | 591.591,5 | 75.719,6  | 30.460,6  | 5.596,7   | 141.219,3 | 3.701,0   | 48.215,3 | 2.061,3   | 35.450,7  |           |
| 1   | Beton     | 2.083.346,3 | 39,6%     | 363.900,6   | 272.575,4   | 655.052,6 |           | 134.662,9 |           | 227.102,4 | 208.973,1 | 92.404,1 | 61.504,3  | 67.170,9  |           |
| 2   | Metall    | 1.076.796,8 | 20,5%     | 146.145,5   | 108.527,8   | 254.412,2 | 5.526,8   | 58.491,2  | 69.719,8  | 74.118,7  | 90.422,4  | 93.174,0 | 15.370,4  | 36.366,7  |           |
| 3   | Dämmung   | 91.864,8    | 1,7%      |             |             |           | 9.504,6   |           |           |           |           | 23.476,1 | 17.936,8  | 40.947,3  |           |
| 4   |           |             |           |             |             |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5   | Glas      | 242.133,0   | 4,6%      |             |             |           |           |           | 166.899,2 |           |           | 75.233,7 |           |           |           |
|   | Σ=        | 100,0%      | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9  | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1 | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
|   |           | 5.259.820,1 |           |             |             |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|   |           | 5.259.820,1 |           |             |             |           |           |           |           |           |           |          |           |           |           |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |       |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |       |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo8                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 9 <sup>1)</sup>           | 7                            | ZZwo24                        | ZZwo10              | ZZwo4                                | ZZwo2 |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |       |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |       |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                            | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |       |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |       |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |       |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg                                   |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                            | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |       |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,26E-01 | 70,5% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 1,91E-03 | 1,1%  |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 2,09E-02 | 11,7% |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 8,59E-03 | 4,8%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 8,61E-03 | 4,8%  |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 5,55E-04 | 0,3%  |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 6,88E-04 | 0,4%  | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 36 | 4,04E-03 | 2,3%  |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |
| 37 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 6,60E-04 | 0,4%  | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 6,89E-03 | 3,9%  | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= | 100,0%   |       | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 1) 1,65E-05 pro NGF alle Bte: 1,8384E-05 89,6% 1)

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,29E-01 | 71% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 3,38E-03 | 2%  |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 1,04E-02 | 6%  |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 6,76E-03 | 4%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 6,05E-03 | 3%  |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 8,15E-04 | 0%  |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 1,34E-03 | 1%  | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     | 0,0 |
| 36 | 8,68E-03 | 5%  |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 37 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 1,02E-03 | 1%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 1,35E-02 | 7%  | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= | 100,0%   |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 1) 1,67E-05 pro NGF alle Bte: 1,8545E-05 90,1%

Materialspezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0    | 6,9%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0    | 25,3% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1    | 64,4% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0    | 1,0%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0    | 2,4%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           | 100,0% |       | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Materialspezifische Verteilung - ODP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|--------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0    | 12,8% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0    | 28,8% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1    | 54,8% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0    | 1,7%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |        |       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0    | 4,0%  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           | 100,0% |       | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09   |              | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |      |      | Spezialbauteile |  |  |
|--|--------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|------|------|-----------------|--|--|
|  |              | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |      |      |                 |  |  |
|  | BT-Name      | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |      |      |                 |  |  |
|  | Fläche       | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |      |      |                 |  |  |
|  |              | 15,5%                                 | 11,7%                        | 11,0%                   | 9,1%                 | 8,8%                       | 7,4%                      | 7,2%                                 | 6,8%                 | 6,8%                      | 5,4%                         | 3,9%                          | 3,7%                | 2,9%                                 |      |      |                 |  |  |
| alle 13 Bte  | Fläche       | 34.411,5 m²                           |                              | alle Bte                | 38.089,7             | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
|  | kg/Flä       | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |      |      |                 |  |  |
|  | kg           | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |      |      |                 |  |  |
| alle 13 Bte  | kg           | 22.580.781,8                          |                              | alle Bte                | 24.331.789           | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG |              |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
|  | Spaltenbezug | U/U                                   | DE7                          | DE9                     | BoPL2                | WA5                        | WA6                       | SS2                                  | FF2                  | DE8                       | WA8                          | WA4                           | DE6                 | WA7                                  | DE5  |      |                 |  |  |
| 15   |              | 5,28E+02                              | 51,5%                        | 90,2                    | 67,8                 | 161,2                      |                           | 34,7                                 |                      | 56,5                      | 54,5                         |                               | 22,9                | 15,2                                 | 23,0 |      |                 |  |  |
| 21   |              | 2,53E+01                              | 2,5%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      | 12,9                      |                              |                               | 12,3                |                                      |      |      |                 |  |  |
| 24   |              | 1,43E+02                              | 14,0%                        |                         |                      |                            |                           |                                      | 143,2                |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| 25   |              | 5,91E+01                              | 5,8%                         |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     | 59,1                                 |      |      |                 |  |  |
| 26   |              | 5,70E+01                              | 5,6%                         |                         |                      |                            |                           | 57,0                                 |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| 31   |              |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| 32   |              | 1,84E+01                              | 1,8%                         |                         |                      |                            | 18,4                      |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| 35   |              | 1,40E+01                              | 1,4%                         | 11,8                    |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
| 36   |              | 4,30E+01                              | 4,2%                         |                         |                      |                            | 12,2                      |                                      |                      |                           |                              | 30,8                          |                     |                                      | 2,2  |      |                 |  |  |
| 43   |              | 1,03E+02                              | 10,1%                        | 0,3                     | 52,8                 | 49,5                       | 0,4                       | 0,2                                  |                      |                           | 0,1                          |                               | 0,1                 | 0,1                                  |      |      |                 |  |  |
| 44   |              | 3,26E+01                              | 3,2%                         | 27,5                    |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      | 5,1  |                 |  |  |
| 48   |              |                                       |                              |                         |                      |                            |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |      |      |                 |  |  |
|  | Σ=           | 100,0%                                |                              | 129,8                   | 120,6                | 210,7                      | 12,6                      | 53,3                                 | 57,0                 | 143,2                     | 69,4                         | 54,6                          | 30,8                | 35,3                                 | 74,4 | 30,2 |                 |  |  |

|    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |
|----|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| S  | 1,02E+03 | 2,44E-02 | 2,99E-02 | 5,57E-02  | 4,02E-03 | 1,75E-02 | 5,26E-02 | 5,78E-02 | 2,95E-02 | 2,41E-02 | 1,66E-02 | 2,61E-02 | 5,90E-02 | 3,08E-02 |  |  |  |
|    | 1,02E+03 | 2,44E-02 | 2,99E-02 | 5,57E-02  | 4,02E-03 | 1,75E-02 | 5,26E-02 | 5,78E-02 | 2,95E-02 | 2,41E-02 | 1,66E-02 | 2,61E-02 | 5,90E-02 | 3,08E-02 |  |  |  |
| 1) | 9,41E-02 | pro NGF  |          | alle Bte: | 1,05E-01 | 89,4%    |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- 50a |    |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
|--|----|----------|-----|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--|--|
| Spaltenbezug                                 |    | U/U      | DE7 | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2   | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |  |  |
| 15   |    | 8,01E+02 | 52% | 137,3 | 103,5 | 245,5 |      | 52,4  |      | 86,2 | 81,9  |      | 34,9 | 23,2 | 36,7 |      |  |  |
| 21   |    | 5,46E+01 | 4%  |       |       |       |      |       |      | 27,9 |       |      | 26,8 |      |      |      |  |  |
| 24   |    | 8,21E+01 | 5%  |       |       |       |      |       | 82,1 |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 25   |    | 3,99E+01 | 3%  |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      | 39,9 |      |      |  |  |
| 26   |    | 3,30E+01 | 2%  |       |       |       |      | 33,0  |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 31   |    |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 32   |    | 6,88E+01 | 4%  |       |       |       | 68,8 |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 35   |    | 2,81E+01 | 2%  | 23,7  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 36   |    | 4,89E+01 | 3%  |       |       |       | 15,6 |       |      |      |       | 33,3 |      |      | 4,4  |      |  |  |
| 43   |    | 3,18E+02 | 21% | 1,2   | 160,5 | 150,5 | 1,5  | 0,7   |      |      | 0,5   |      | 0,3  | 0,3  |      |      |  |  |
| 44   |    | 6,41E+01 | 4%  | 54,2  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      | 10,0 |  |  |
| 48   |    |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
|  | Σ= | 100,0%   |     | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1 | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |  |  |

|    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |
|----|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|
| S  | 1,54E+03 | 4,06E-02 | 6,54E-02 | 1,05E-01  | 5,44E-03 | 4,00E-02 | 3,04E-02 | 3,32E-02 | 4,85E-02 | 3,64E-02 | 1,80E-02 | 4,58E-02 | 5,03E-02 | 5,20E-02 |  |  |  |
|    | 1,54E+03 | 4,06E-02 | 6,54E-02 | 1,05E-01  | 5,44E-03 | 4,00E-02 | 3,04E-02 | 3,32E-02 | 4,85E-02 | 3,64E-02 | 1,80E-02 | 4,58E-02 | 5,03E-02 | 5,20E-02 |  |  |  |
| 1) | 1,42E-01 | pro NGF  |          | alle Bte: | 1,53E-01 | 92,7%    |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |  |

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Materialspezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG |           |         |       |       |       |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |  |  |
|---|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|--|--|
|   |           | DE7     | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2  | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |      |  |  |
| 0   | Sonstiges | 192,2   | 18,8% | 36,4  | 52,8  | 49,5  | 5,6  | 18,6 | 1,1  | 12,9  | 0,1  | 8,3  | 0,1  | 6,7  |      |      |  |  |
| 1   | Beton     | 308,3   | 30,2% | 54,0  | 40,3  | 96,8  |      | 19,9 |      | 33,6  | 30,9 | 13,7 | 9,1  | 10,0 |      |      |  |  |
| 2   | Metall    | 472,3   | 46,2% | 39,4  | 27,5  | 64,4  | 6,0  | 14,8 | 57,0 | 121,2 | 22,9 | 23,6 | 16,6 | 9,2  | 62,4 | 7,3  |  |  |
| 3   | Dämmung   | 14,3    | 1,4%  |       |       |       | 1,0  |      |      |       |      |      | 4,1  | 2,8  | 6,3  |      |  |  |
| 4   |           |         |       |       |       |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 5   | Glas      | 35,0    | 3,4%  |       |       |       |      |      | 20,8 |       |      | 14,2 |      |      |      |      |  |  |
|   | Σ=        | 100,0%  |       | 129,8 | 120,6 | 210,7 | 12,6 | 53,3 | 57,0 | 143,2 | 69,4 | 54,6 | 30,8 | 35,3 | 74,4 | 30,2 |  |  |
|   |           | 1,022,0 |       |       |       |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |  |  |
|   |           | 1,022,0 |       |       |       |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |  |  |

| Materialspezifische Verteilung - POCP --- 50 a |           |         |       |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
|--|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|--|--|
|  |           | DE7     | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2  | FF2   | DE8  | WA8  | WA4   | DE6  | WA7  | DE5  |      |      |  |  |
| 0  | Sonstiges | 536,2   | 34,9% | 78,3  | 160,5 | 150,5 | 13,2 | 69,5  | 2,4  | 27,9 | 0,5   | 18,9 | 0,3  | 14,2 |      |      |  |  |
| 1  | Beton     | 573,0   | 37,3% | 100,1 | 75,2  | 179,3 |      | 37,2  |      | 62,7 | 57,7  | 25,4 | 16,9 | 18,5 |      |      |  |  |
| 2  | Metall    | 326,7   | 21,3% | 36,1  | 28,2  | 66,1  | 1,7  | 15,2  | 33,0 | 35,1 | 23,5  | 24,2 | 4,6  | 9,5  | 40,5 | 7,0  |  |  |
| 3  | Dämmung   | 27,5    | 1,8%  |       |       |       | 2,2  |       |      |      |       |      | 8,2  | 5,7  | 11,4 |      |  |  |
| 4  |           |         |       |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
| 5  | Glas      | 73,4    | 4,8%  |       |       |       |      |       | 44,7 |      |       | 28,7 |      |      |      |      |  |  |
|  | Σ=        | 100,0%  |       | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1 | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |  |  |
|  |           | 1,536,7 |       |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |
|  |           | 1,536,7 |       |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |  |  |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                    | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche 34.411,5 m²                    |                              | alle Bte 38.089,7       | 90,34%               |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg 22.580.781,8                      |                              | alle Bte 24.331.789     | 92,80%               |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | V/V | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
|----|----------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 15 | 4.373,7  | 36,6%  | 746,4   | 559,8   | 1.340,3 |       | 283,9 |         | 466,4   | 444,2   |       | 189,5 | 128,1 | 217,0 |       |
| 21 | 2.952,8  | 24,7%  |         |         |         |       |       |         | 2.147,2 |         |       | 805,7 |       |       |       |
| 24 | 1.519,4  | 12,7%  |         |         |         |       |       | 1.519,4 |         |         |       |       |       |       |       |
| 25 | 604,7    | 5,1%   |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       | 604,7 |       |       |
| 26 | 561,1    | 4,7%   |         |         |         |       | 561,1 |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 27 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 31 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 32 | 56,4     | 0,5%   |         |         |         |       | 56,4  |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 33 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 34 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 35 | 131,1    | 1,1%   | 110,7   |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       | 20,4  |       |
| 36 | 433,9    | 3,6%   |         |         | 110,3   |       |       |         |         |         | 323,6 |       |       |       |       |
| 37 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 38 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 39 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 40 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 41 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 42 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 43 | 1.038,1  | 8,7%   | 5,9     | 524,5   | 491,8   | 7,0   | 3,4   |         |         | 2,5     |       | 1,5   | 1,4   |       |       |
| 44 | 289,4    | 2,4%   | 244,3   |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       | 45,1  |       |
| 45 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 46 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 47 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 48 |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| Σ= | 11.960,7 | 100,0% | 1.107,2 | 1.084,3 | 1.832,1 | 117,3 | 343,7 | 561,1   | 1.519,4 | 2.613,6 | 446,7 | 323,6 | 996,7 | 732,2 | 282,6 |

|   |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| S | 11.960,7 |  | 2,08E-01 | 2,69E-01 | 4,84E-01 | 3,74E-02 | 1,13E-01 | 5,18E-01 | 6,14E-01 | 1,11E+00 | 1,97E-01 | 1,75E-01 | 7,37E-01 | 5,81E-01 | 2,87E-01 |
|   | 11.960,7 |  | 2,08E-01 | 2,69E-01 | 4,84E-01 | 3,74E-02 | 1,13E-01 | 5,18E-01 | 6,14E-01 | 1,11E+00 | 1,97E-01 | 1,75E-01 | 7,37E-01 | 5,81E-01 | 2,87E-01 |

1) 1,1 pro NGF alle Bte: 1,20 91,8%

Gewerkespezifische Verteilung - AP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | V/V | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
|----|----------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|
| 15 | 6.201,5  | 33%    | 1.049,9 | 789,8   | 1.888,0 |       | 398,0 |       | 658,0   | 621,4   |       | 266,6   | 177,4   | 352,3 |       |
| 21 | 5.972,4  | 32%    |         |         |         |       |       |       | 4.330,5 |         |       | 1.641,9 |         |       |       |
| 24 | 990,3    | 5%     |         |         |         |       |       | 990,3 |         |         |       |         |         |       |       |
| 25 | 342,4    | 2%     |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         | 342,4   |       |       |
| 26 | 216,7    | 1%     |         |         |         |       | 216,7 |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 27 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 31 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 32 | 173,3    | 1%     |         |         |         |       | 173,3 |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 33 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 34 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 35 | 266,1    | 1%     | 224,6   |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         | 41,5  |       |
| 36 | 646,7    | 3%     |         |         | 177,5   |       |       |       |         |         | 469,1 |         |         |       |       |
| 37 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 38 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 39 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 40 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 41 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 42 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 43 | 3.279,0  | 18%    | 24,2    | 1.646,4 | 1.543,8 | 28,5  | 13,8  |       |         | 10,3    |       | 6,2     | 5,7     |       |       |
| 44 | 612,4    | 3%     | 517,0   |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         | 95,4  |       |
| 45 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 46 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 47 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| 48 |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |       |         |         |       |       |
| Σ= | 18.700,7 | 100,0% | 1.815,7 | 2.436,2 | 3.431,9 | 206,1 | 585,1 | 216,7 | 990,3   | 4.988,5 | 631,7 | 469,1   | 1.914,6 | 525,6 | 489,1 |

|   |          |  |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|---|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| S | 18.700,7 |  | 3,41E-01 | 6,04E-01 | 9,07E-01 | 6,57E-02 | 1,92E-01 | 2,00E-01 | 4,00E-01 | 2,12E+00 | 2,79E-01 | 2,53E-01 | 1,42E+00 | 4,17E-01 | 4,98E-01 |
|   | 18.700,7 |  | 3,41E-01 | 6,04E-01 | 9,07E-01 | 6,57E-02 | 1,92E-01 | 2,00E-01 | 4,00E-01 | 2,12E+00 | 2,79E-01 | 2,53E-01 | 1,42E+00 | 4,17E-01 | 4,98E-01 |

1) 1,7 pro NGF alle Bte: 1,82 94,4%

Materialspezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
|----|-----------|----------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0  | Sonstiges | 4.481,3  | 37,5%  | 340,9   | 524,5   | 491,8   | 64,4  | 59,8  | 2.147,2 | 2,5     |         | 782,5 | 1,4   | 61,8  |       |       |
| 1  | Beton     | 3.037,2  | 25,4%  | 530,8   | 396,5   | 957,4   |       | 195,9 | 330,3   | 304,0   |         | 134,8 | 89,7  | 98,0  |       |       |
| 2  | Metall    | 3.740,7  | 31,3%  | 235,6   | 163,4   | 382,9   | 37,7  | 88,0  | 1.193,1 | 136,1   | 140,2   | 54,7  | 599,4 | 43,5  |       |       |
| 3  | Dämmung   | 160,9    | 1,3%   |         |         |         | 15,2  |       |         |         |         | 24,7  | 41,7  | 79,3  |       |       |
| 4  |           |          |        |         |         |         |       |       |         |         |         |       |       |       |       |       |
| 5  | Glas      | 540,5    | 4,5%   |         |         |         |       | 321,9 |         |         |         | 218,7 |       |       |       |       |
| Σ= |           | 11.960,7 | 100,0% | 1.107,2 | 1.084,3 | 1.832,1 | 117,3 | 343,7 | 561,1   | 1.519,4 | 2.613,6 | 446,7 | 323,6 | 996,7 | 732,2 | 282,6 |

|   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| S | 11.960,7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   | 11.960,7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Materialspezifische Verteilung - AP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |         |       |         |       |       |
|----|-----------|----------|--------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|-------|-------|
| 0  | Sonstiges | 10.390,1 | 55,6%  | 760,6   | 1.646,4 | 1.543,8 | 160,4 | 187,1 | 11,1  | 4.330,5 | 10,3    | 1.598,1 | 5,7   | 135,9   |       |       |
| 1  | Beton     | 4.709,7  | 25,2%  | 821,1   | 616,4   | 1.481,6 |       | 304,5 |       | 513,6   | 472,6   | 208,5   | 138,8 | 151,6   |       |       |
| 2  | Metall    | 2.082,1  | 11,1%  | 233,9   | 173,4   | 406,4   | 9,7   | 93,4  | 216,7 | 230,4   | 144,4   | 148,8   | 27,0  | 58,1    |       |       |
| 3  | Dämmung   | 328,8    | 1,8%   |         |         |         | 36,0  |       |       |         |         |         | 49,9  | 84,5    |       |       |
| 4  |           |          |        |         |         |         |       |       |       |         |         |         |       |         |       |       |
| 5  | Glas      | 1.191,0  | 6,4%   |         |         |         |       | 748,9 |       |         |         | 442,2   |       |         |       |       |
| Σ= |           | 18.700,7 | 100,0% | 1.815,7 | 2.436,2 | 3.431,9 | 206,1 | 585,1 | 216,7 | 990,3   | 4.988,5 | 631,7   | 469,1 | 1.914,6 | 525,6 | 489,1 |

|   |          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| S | 18.700,7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|   | 18.700,7 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09   | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |   |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           |                          | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                           |                              |                               | Spezialbauteile     |                                   |          |          |  |
|--|--------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------|----------|--|
|  | 1                                    | 2 <sup>1)</sup>   | 3                            | 4                       | 5                    | 6                    | 7                         | 8                        | 9 <sup>1)</sup>                      | 10                        | 11                           | 12                            | 13                  |                                   |          |          |  |
|  | BT-Name                              | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden)   | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Z-Zwo FD2 (Decke TG)                 | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller |          |          |  |
|  | Fläche                               | 5.325,0   | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                  | 2.353,3                              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                             |          |          |  |
|  | alle 13 Bte                          | 34.411,5 m <sup>2</sup>   |                              | 38.089,7                |                      | 90,34%               |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
|  | kg/Flä                               | 783,6   | 703,3                        | 1.782,8                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                     | 1.015,2                              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                             |          |          |  |
|  | Σkg                                  | 4.172.885,1   | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                 | 2.389.111,8                          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                         |          |          |  |
|  | alle 13 Bte                          | 22.580.781,8  |                              | 24.331.789              |                      | 92,80%               |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
|  | Spaltenbezug                         | W/W   | DE7                          | DE9                     | BoPL2                | WA5                  | WA6                       | SS2                      | FF2                                  | DE8                       | WA8                          | WA4                           | DE6                 | WA7                               | DE5      |          |  |
| 15   |                                      | 5,31E+02  | 53,7%                        | 91,1                    | 68,2                 | 164,1                |                           | 34,2                     |                                      | 56,8                      | 53,4                         |                               | 23,1                | 15,4                              | 25,1     |          |  |
| 21   |                                      | 8,94E+00  | 0,9%                         |                         |                      |                      |                           |                          |                                      | 4,9                       |                              |                               | 4,0                 |                                   |          |          |  |
| 24   |                                      | 9,35E+01  | 9,4%                         |                         |                      |                      |                           |                          | 93,5                                 |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 25   |                                      | 2,57E+01  | 2,6%                         |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     | 25,7                              |          |          |  |
| 26   |                                      | 2,19E+01  | 2,1%                         |                         |                      |                      |                           | 21,3                     |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 31   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 32   |                                      | 3,19E+00  | 0,3%                         |                         |                      |                      | 3,2                       |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 33   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 34   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 35   |                                      | 1,64E+01  | 1,7%                         | 13,9                    |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   | 2,6      |          |  |
| 36   |                                      | 5,65E+01  | 5,7%                         |                         |                      | 14,0                 |                           |                          |                                      |                           |                              | 42,5                          |                     |                                   |          |          |  |
| 37   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 38   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 39   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 40   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 41   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 42   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 43   |                                      | 2,02E+02  | 20,4%                        | 1,2                     | 102,1                | 95,7                 | 1,4                       | 0,7                      |                                      |                           | 0,5                          |                               | 0,3                 | 0,3                               |          |          |  |
| 44   |                                      | 3,07E+01  | 3,1%                         | 25,9                    |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   | 4,8      |          |  |
| 45   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 46   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 47   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
| 48   |                                      |   |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
|  | Σ=                                   | 100,0%  |                              | 132,1                   | 170,3                | 259,8                | 15,4                      | 38,1                     | 21,3                                 | 93,5                      | 61,8                         | 53,9                          | 42,5                | 27,4                              | 41,4     | 32,4     |  |
| S  |                                      | 9,90E+02  |                              | 2,48E-02                | 4,22E-02             | 6,67E-02             | 4,92E-03                  | 1,25E-02                 | 1,96E-02                             | 3,77E-02                  | 2,62E-02                     | 2,38E-02                      | 2,29E-02            | 2,03E-02                          | 3,29E-02 | 3,30E-02 |  |
|  |                                      | 9,90E+02  |                              | 2,48E-02                | 4,22E-02             | 6,67E-02             | 4,92E-03                  | 1,25E-02                 | 1,96E-02                             | 3,77E-02                  | 2,62E-02                     | 2,38E-02                      | 2,29E-02            | 2,03E-02                          | 3,29E-02 | 3,30E-02 |  |
|  |                                      | 9,12E-02  | pro NGF                      | alle Btle:              |                      | 1,00E-01             | 90,9%                     |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |
|  |                                      | 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |                              |                         |                      |                      |                           |                          |                                      |                           |                              |                               |                     |                                   |          |          |  |

| Gewerkespezifische Verteilung - EP --- 50a |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|--|----------|---|---------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| Spaltenbezug                               | W/W      | DE7   | DE9     | BoPL2      | WA5      | WA6      | SS2      | FF2      | DE8      | WA8      | WA4      | DE6      | WA7      | DE5      |          |          |  |
| 15   | 8,76E+02 | 43%   | 146,9   | 110,5      | 275,4    |          | 55,8     |          | 92,1     | 87,2     |          | 37,3     | 24,8     | 46,4     |          |          |  |
| 21   | 5,46E+01 | 3%  |         |            |          |          |          |          | 15,4     |          |          | 39,2     |          |          |          |          |  |
| 24   | 1,22E+02 | 6%  |         |            |          |          |          | 122,2    |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 25   | 1,93E+01 | 1%  |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          | 19,3     |          |          |          |  |
| 26   | 7,92E+00 | 0%  |         |            |          |          | 7,9      |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 31   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 32   | 1,65E+01 | 1%  |         |            |          | 16,5     |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 33   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 34   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 35   | 3,35E+01 | 2%  | 28,3    |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 5,2      |          |          |  |
| 36   | 1,21E+02 | 8%  |         |            | 46,7     |          |          |          |          |          | 74,6     |          |          |          |          |          |  |
| 37   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 38   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 39   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 40   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 41   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 42   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 43   | 6,36E+02 | 31%   | 5,5     | 318,0      | 298,2    | 6,4      | 3,1      |          |          | 2,3      |          | 1,4      | 1,3      |          |          |          |  |
| 44   | 1,59E+02 | 8%  | 134,6   |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          | 24,8     |          |          |  |
| 45   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 46   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 47   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
| 48   |          |   |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|  | Σ=       | 100,0%  | 315,2   | 428,5      | 573,5    | 53,1     | 75,4     | 7,9      | 122,2    | 107,5    | 89,5     | 74,6     | 77,9     | 45,4     | 76,5     |          |  |
| S  |          | 2,05E+03  |         | 5,92E-02   | 1,06E-01 | 1,52E-01 | 1,69E-02 | 2,48E-02 | 7,31E-03 | 4,93E-02 | 4,57E-02 | 3,96E-02 | 4,02E-02 | 5,76E-02 | 3,61E-02 | 7,78E-02 |  |
|  |          | 2,05E+03  |         | 5,92E-02   | 1,06E-01 | 1,52E-01 | 1,69E-02 | 2,48E-02 | 7,31E-03 | 4,93E-02 | 4,57E-02 | 3,96E-02 | 4,02E-02 | 5,76E-02 | 3,61E-02 | 7,78E-02 |  |
|  |          | 1,89E-01  | pro NGF | alle Btle: |          | 2,04E-01 | 92,3%    |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |
|  |          | 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |         |            |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |

| Materialspezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   |           | DE7    | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2  | FF2  | DE8  | WA8  | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
| 0   | Sonstiges | 265,9  | 26,9% | 39,1  | 102,1 | 95,7  | 10,3 | 3,9  | 0,4  | 4,9  | 0,5  | 1,7  | 0,3  | 7,0  |      |
| 1   | Beton     | 427,7  | 43,2% | 74,7  | 55,8  | 135,0 |      | 27,6 |      | 46,5 | 42,8 | 19,0 | 12,6 | 13,8 |      |
| 2   | Metall    | 199,0  | 20,1% | 18,3  | 12,4  | 29,1  | 3,6  | 6,7  | 21,3 | 45,2 | 10,3 | 10,6 | 9,9  | 3,4  |      |
| 3   | Dämmung   | 16,8   | 1,7%  |       |       |       | 1,6  |      |      |      |      |      | 2,6  | 8,3  |      |
| 4   |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5   | Glas      | 80,4   | 8,1%  |       |       |       |      |      | 47,9 |      |      | 32,5 |      |      |      |
|   | Σ=        | 100,0% | 132,1 | 170,3 | 259,8 | 15,4  | 38,1 | 21,3 | 93,5 | 61,8 | 53,9 | 42,5 | 27,4 | 41,4 | 32,4 |
|   |           | 989,9  |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|   |           | 989,9  |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Materialspezifische Verteilung - EP --- 50 a |           |         |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
|--|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
|  |           | DE7     | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2  | FF2  | DE8   | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
| 0  | Sonstiges | 936,3   | 45,7% | 167,8 | 318,0 | 298,2 | 48,0 | 19,6 | 1,1   | 15,4  | 2,3  | 34,6 | 1,3  | 30,0 |      |
| 1  | Beton     | 653,5   | 31,9% | 112,0 | 84,1  | 213,4 |      | 41,5 |       | 70,0  | 64,4 | 28,4 | 18,9 | 20,7 |      |
| 2  | Metall    | 233,4   | 11,4% | 35,4  | 26,4  | 62,0  | 1,0  | 14,3 | 7,9   | 8,4   | 22,0 | 22,7 | 8,9  | 15,0 |      |
| 3  | Dämmung   | 39,6    | 1,9%  |       |       |       | 4,1  |      |       |       |      |      | 6,0  | 10,2 |      |
| 4  |           |         |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
| 5  | Glas      | 184,5   | 9,0%  |       |       |       |      |      | 112,6 |       |      | 71,9 |      |      |      |
|  | Σ=        | 100,0%  | 315,2 | 428,5 | 573,5 | 53,1  | 75,4 | 7,9  | 122,2 | 107,5 | 89,5 | 74,6 | 77,9 | 45,4 | 76,5 |
|  |           | 2.047,2 |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
|  |           | 2.047,2 |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |

**Anlage 5:** *Z-Zwo – Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Auszug aus Ökologische Bilanzierung der Ed. Züblin AG

– Version 2 mit Epoxidharzbeschichtung OS 11 und Teppichkleber

Anlage enthält **6** Seiten

BV: Z-Zwo- Stuttgart

Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion

ZT-SFB

2009-Juni / ErstellerIn

| Nr   | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                         | Mengen   | Einheit | Bemerkungen  |
|------|---------------|--|----------|---------|--|
| Info |               | VERSION 2                                    |          |         | Info   |
| 1    | FD1           | Flachdach (begrünt)                          | 1352,16  | m2      |  |
| 2    | FD2           | Flachdach (Decke TG)                         | 2353,29  | m2      |  |
| 3    | FF1           | Fensterband EG                               | 698,39   | m2      | näheres siehe BT-Katalog<br>EPDM außen: <b>420 lfm</b>   |
| 4    | FF2           | Fensterbänder OG                             | 2476,09  | m2      | näheres siehe BT-Katalog<br>EPDM außen: <b>2100 lfm</b>  |
| 5    | FF3           | Sonnenschutz                                 | 1233,20  | m       | näheres siehe BT-Katalog   |
| 6    | AW1           | Außenwand: Brüstungen (Beton)                | 1260     | m2      | <b>zusätzlich:</b><br>(1) Aufsatz-Alublech d=2mm<br>L=1065m, ca.50cm hoch -> <b>532,5 m²</b><br>(2) Stahl-UK der Alubleche Haltewinkel 2mm dick, ,<br>gesamt L=1100m, abgewickelt 9cm breit -> <b>99 m²</b><br>(3) Schrauben ca <b>140 kg</b> , JZ3 5,5x25 |
| 7    | AW2           | Außenwand: Wand gegen Tiefgarage             | 255,43   | m2      |  |
| 8    | ABL1          | Decke gegen Außenluft nach unten             | 44,8     | m2      | Menge zu gering, in ABL 2 enthalten  |
| 9    | ABL2          | Decke Fußboden EG über TG (Hohlraumboden)    | 982,92   | m2      | <b>zusätzlich ca. 2,7 stk</b> Stahlfüsse pro m² Hohlraumboden,<br>mit a´ 290g/stk Stahlfuß: <b>804,7 kg</b>  |
| 10   | ABL3          | Decke EG/Keller (Estrich)                    | 142,00   | m2      | 142 m² in BoPI1 enthalten  |
| 11   | BoPI1         | Bodenplatte mit Wädä                         | 141,67   | m2      |  |
| 12   | BoPI2         | Bodenplatte ohne WD (TG, Rampe, Keller)      | 3783,55  | m2      | <b>zusätzlich:</b><br>Magerbetonplombe Achse: 3 - 4:<br>ca.67m², Höhe ca.0,90m -> 60,3m³   |
| 13   | AWE1          | Außenwand gegen Erdreich (gedämmt)           | 170,49   | m2      |  |
| 14   | AWE2          | Außenwand Tiefgarage Erdreich (ungedämmt)    | 2.262,34 | m2      |  |
| 15   | FuD1          | Decke gegen unbeheiztes Treppenhaus          | 17,00    | m2      | 17,01 qm in FuD1 enthalten   |
| 16   | FuD2          | Innendecke Hohlraumboden                     | 5.325,00 | m2      | <b>zusätzlich ca. 2,7 stk</b> Stahlfüsse pro m² Hohlraumboden, a´ 290g/stk-> Stahlfuß: <b>4.169,5 kg</b> , <b>FuD1</b> mit Fläche enthalten  |
| 17   | FuD3          | Innendecke schwimmender Estrich              | 482,99   | m2      |  |
| 18   | FuD4          | Zwischen.Betondecke beschichtet (TG, Keller) | 4034,99  | m2      | inkl. Rampe  |
| 19   | FuW1          | Wand gegen unbeheiztes Treppenhaus           | 62,69    | m2      |  |



BV: Z-Zwo- Stuttgart

**Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion**

ZT-SFB

2009-Juni / ErstellerIn

| Nr                               | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung         | Mengen     | Einheit | Bemerkungen   |
|----------------------------------|---------------|------------------------------|------------|---------|---|
| Info                             |               | <b>VERSION 2</b>             |            |         | Info  |
| 20                               | <b>FuW2</b>   | leichte Trennwand Knauf W112 | 3135,1752  | m2      | ohne Türen, s. FuW5   |
| 21                               | <b>FuW3</b>   | Betonwand UG2- 5.OG          | 3.044,53   | m2      |   |
| 22                               | <b>FuW4</b>   | Strähle Systemwand           | 1853,91    | m2      | ohne Türen, s. FuW5   |
| 23                               | <b>FuW5</b>   | Holztüren zu FuW2 + FuW4     | 620,8672   | m2      |   |
| 24                               | <b>FuW6</b>   | Betonstützen rund, D=40cm    | 706,41     | m       | Rundstütze: D = 40 cm   |
| 25                               | <b>FuW6a</b>  | Betonstützen, rechteckig     | 339,45     | m       | Rechteckstütze: 35x80cm   |
| 26                               | <b>SA</b>     | Schlosserarbeiten            | 17.532,875 | m2      | Gesamtangabe in kg Stahl und Edelstahl<br>genaue Aufschlüsselung siehe Bauteilkatalog |
| 27                               |               |                              |            |         |   |
| 28                               |               |                              |            |         |   |
| 29                               |               |                              |            |         |   |
| 30                               |               |                              |            |         |   |
| notwendige Zeilen einblenden !!! |               |                              |            |         |   |

Mengenermittlung für Ökodatenermittlung lt. DGNB KGR300 Herstellung und Instandhaltung



Projekt: Z-Zwo- Stuttgart

Version 2 mit Epoxidharzbeschichtung und Teppichkleber

INFO EOL

Stand: 2009-Juni / ErstellerIn

ZT - SFB

Main data table with columns for Bauteilaufbauten, Bezugsdaten für Ökobilanzierung, and projectspezif. Ökodaten des entspr. Gewerks o. Bezugsgröße!.





Mengenermittlung für Ökodatenermittlung lt. DGNB KGR300 End of Life (EOL)

Projekt: **Z-zwo- Stuttgart**

Hinweise für Anwendung

zum Spaltende

zum Spaltanfang



Stand: **2009-Juni / ErstellerIn**

ZT - SFB

| Bauteilaufbauten   |    |                   |                             | Bezugsdaten für Ökobilanzierung |                    |                               |  | projektspez. Ökodaten des entspr. Gewerks o. Bezugsgröße! |         |   |  |                |                  |                         |   |                         |                         |                                       |                   |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
|--|----|-------------------|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|---|---------|---|--|----------------|------------------|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------|------------|--|--|--|--|--|--|
|  |    |                   |                             | Faktor Lebenserwartung          | Bauteilmenge       | Bezugsquellen Ökobau.dat 2010 |  | Herstellung (EOL)   |         |   |  |                |                  |                         | Instandhaltung (EOL)                      |                         |                         |                                       |                   |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| zu Bezugsquellen   |    |                   |                             | Betrachtungszeitraum in a       | 50                 |                               |  | zur Gesamtsumme   |         |   |  |                |                  |                         | Kriteriensteckbrief des DGNB laufende Nr. |                         |                         |                                       |                   |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| Ild. Nr.   | Z1 | Bt.Nr.            | Nr. Baustoffschicht lt. BTK | mittlere Lebenserwartung 1)     | Faktor Herstellung | rechtn. Faktor Instandhaltung | Abs. Faktor Instandhaltung mit Bezug auf Bauteilaufbau | Bauteilbezugsmenge  | Einheit | EOL Basisname lt. Ökobau.dat 2010               | Einheit EOL und H+I nicht immer ident. | Einheit        | PE <sub>ne</sub> | PE <sub>a</sub>         | GWP <sub>i</sub>                          | ODP <sub>i</sub>        | AP <sub>i</sub>         | EP <sub>i</sub>                       | POCP <sub>i</sub> | PE <sub>ne</sub>                | PE <sub>a</sub>         | GWP <sub>i</sub> | ODP <sub>i</sub>        | AP <sub>i</sub>         | EP <sub>i</sub>                       | POCP <sub>i</sub> |            |  |  |  |  |  |  |
| Bezug genommen direkt aus Sheetblatt Ökodat(H+I)KGR300, Spalte T |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  | MJ             | MJ               | kg CO <sub>2</sub> -Äqu | kg R11-Äqu                                | kg SO <sub>2</sub> -Äqu | kg PO <sub>x</sub> -Äqu | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu | MJ                | MJ                              | kg CO <sub>2</sub> -Äqu | kg R11-Äqu       | kg SO <sub>2</sub> -Äqu | kg PO <sub>x</sub> -Äqu | kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| Ökodat.bau 2010, Stand Dez. 2008                                 |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  | o. Bezugsgröße |                  |                         |   |                         |                         |                                       | o. Bezugsgröße    |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| 26   | SA | Schlosserarbeiten |                             |                                 |                    |                               |  | 17.532,9  | m2      |   |  |                | -239.520         | -1.501                  | -18.057                                   | 5,86E-04                | -60                     | -10                                   | -9                |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| 0  | 41 | 1                 | Edelstahl                   | 50                              | 1                  |                               |  | 813,2   | kg      | 4.8 Recyclingpotential Edelstahlblech           | Masse                                  | kg             | -6.344           | -409                    | -655                                      | 2,74E-05                | 0,28                    | -4,08                                 | -0,10             | nicht alle Baustoffe bilanziert |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
|  | 41 | 2                 | Stahl                       | 50                              | 1                  |                               |  | 16.719,6  | kg      | 4.8 Recyclingpotential Stahlprofil, warmgewalzt | Masse                                  | kg             | -233.176         | -1.093                  | -17.402                                   | 5,59E-04                | -59,79                  | -5,51                                 | -9,21             | nicht alle Baustoffe bilanziert |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
|  | 43 | 4                 | Beschichtung                |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  |                |                  |                         |   |                         |                         |                                       |                   |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
| <b>Gesamtsummen KGR300 (EOL)</b>                                 |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  | Σ =            | -3.029.270       | -831.199                | 679.225                                   | -2,243E-02              | 573                     | 2.141                                 | 8,74              | -3.721.719                      | -688.859                | 28.285.364       | -1,47E-02               | -562                    | 98                                    | -67               |            |  |  |  |  |  |  |
|  |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  |                | -6.750.988       | -1.520.058              | 707.510                                   | 0                       | 11                      | 2.239                                 | -58               |                                 |                         |                  |                         |                         |                                       |                   |            |  |  |  |  |  |  |
|  |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  |                | zum Anfang       |                         |   |                         |                         |                                       |                   | nicht alle Baustoffe bilanziert |                         |                  |                         |                         |                                       |                   | zum Anfang |  |  |  |  |  |  |
| Kontrollzeile:   |    |                   |                             |                                 |                    |                               |  |   |         |   |  |                | i.O.             | i.O.                    | i.O.                                      | i.O.                    | i.O.                    | i.O.                                  | i.O.              | i.O.                            | i.O.                    | i.O.             | i.O.                    | i.O.                    | i.O.                                  | i.O.              |            |  |  |  |  |  |  |

**Anlage 6:** *Z-Zwo – Projektkenndaten*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1.                   Volumen- und Gewichtsverteilung pro Gewerk | 2     |

**Anlage 6: Z-Zwo – Projektkenndaten**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

|                                       | Volumenverteilung |               | Gewichtsverteilung |               |
|---------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                       | Gesamtgebäude     |               | Gesamtgebäude      |               |
|                                       | NGF [m2]:         |               | NGF [m2]:          |               |
| Z1 - Leistungsbereich                 | m <sup>3</sup>    | (%)           | t                  | (%)           |
| 11 BE                                 |                   |               |                    |               |
| 12 Erdarbeiten                        |                   |               |                    |               |
| 13 Entwäss./Feucht.abd.               |                   |               |                    |               |
| 14 Mauerarbeiten                      |                   |               |                    |               |
| 15 Beton/Stahlbeton                   | 9.485             | 86,0%         | 22.998             | 94,2%         |
| 16 Betonfertigteile                   |                   |               |                    |               |
| 17 Zimmerer/Holzbau                   |                   |               |                    |               |
| 18 Stahlbau                           |                   |               |                    |               |
| 19 Sonst. Rohbau (Umbau ...)          |                   |               |                    |               |
| <b>10 Summe Rohbau</b>                | <b>9.485,3</b>    | <b>86,0%</b>  | <b>22.997,7</b>    | <b>94,2%</b>  |
| 21 Dachdeckung und -Dichtung          | 443               | 4,0%          | 216                | 0,9%          |
| 22 Klempner                           |                   |               |                    |               |
| 23 Dachoberlichter / RWA-Anl.         |                   |               |                    |               |
| 21-23 Außenhaut Dach                  | 442,7             | 4,0%          | 216,1              | 0,9%          |
| 24 Fenster / Fassadenelemente         | 39                | 0,4%          | 106                | 0,4%          |
| 25 Fassadenverkleidung                | 160               | 1,4%          | 19                 | 0,1%          |
| 26 Rolladen / Sonnenschutz            | 5                 | 0,0%          | 12                 | 0,1%          |
| 27 Außenputz                          |                   |               |                    |               |
| 28+29 Gerüstbau+ Sonst. Ausbau        |                   |               |                    |               |
| 24-29 Außenhaut Fassade               | 203,5             | 1,8%          | 137,1              | 0,6%          |
| 31 Werksteinarbeiten                  | 37                | 0,3%          | 84                 | 0,3%          |
| 32 Innenputzarbeiten                  | 46                | 0,4%          | 64                 | 0,3%          |
| 33 Estrich                            | 65                | 0,6%          | 67                 | 0,3%          |
| 34 Fliesen- / Plattenarbeiten         |                   |               |                    |               |
| 35 Bodenbeläge                        | 30                | 0,3%          | 5                  | 0,0%          |
| 36 Einbauwände                        | 306               | 2,8%          | 192                | 0,8%          |
| 37 Abgehängte Decken                  |                   |               |                    |               |
| 38+39 Türen / Tore + Sonstiges        | 28                | 0,3%          | 13                 | 0,1%          |
| 41 Metallbau und Schlosser            | 2                 | 0,0%          | 18                 | 0,1%          |
| 42 Tischlerarbeiten                   |                   |               |                    |               |
| 43 Malerarbeiten                      | 47                | 0,4%          | 59                 | 0,2%          |
| 44-47 Doppel- und Hohlraumboden       | 340               | 3,1%          | 547                | 2,2%          |
| 31-44 Innenausbau                     | 900,9             | 8,2%          | 1.050,1            | 4,3%          |
| 48-49 Bauhilfsarbeiten                |                   |               |                    |               |
| <b>20-40 Summe Ausbau</b>             | <b>1.547,1</b>    | <b>14,0%</b>  | <b>1.403,3</b>     | <b>5,8%</b>   |
| 51 Heizung                            |                   |               |                    |               |
| 52 Lüftung                            |                   |               |                    |               |
| 53 Sanitär                            |                   |               |                    |               |
| 54-56 Elektro                         |                   |               |                    |               |
| 57-59 Zentrale Leittechnik (MSR) usw. |                   |               |                    |               |
| <b>50 Summe Haustechnik</b>           | <b>0,0</b>        | <b>0,0%</b>   | <b>0,0</b>         | <b>0,0%</b>   |
| 61 Aufzüge                            |                   |               |                    |               |
| 62 Sprinkler                          |                   |               |                    |               |
| 63 KFZ-Anlagen                        |                   |               |                    |               |
| 64-69 Sonst.Tech.Betr.einr.           |                   |               |                    |               |
| <b>60 Summe Tech.Betr.einr.</b>       | <b>0,0</b>        | <b>0,0%</b>   | <b>0,0</b>         | <b>0,0%</b>   |
| <b>10-60 Summe GEBÄUDE ohne TGA !</b> | <b>11.032,4</b>   | <b>100,0%</b> | <b>24.400,966</b>  | <b>100,0%</b> |

**Anlage 1:** *DVA – Ökologische Bilanzierung- TU Darmstadt*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Anlage enthält **46** Seiten



# Ökologische Bilanzierung des Gebäudes DVA-Neckarstraße

Projektbericht REG-Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen,  
Ökologische Bilanzierung des Gebäudes DVA-Neckarstraße, Stuttgart



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner  
Institut für Massivbau



## Forschungsbericht F08-8-2008



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner**  
**Institut für Massivbau**

**Fachgebiet Massivbau**

Fachbereich 13  
Bauingenieurwesen  
und Geodäsie

Petersenstr. 12  
64287 Darmstadt  
Telefon (06151) 16 2144  
Telefax (06151) 16 3044  
graubner@massivbau.tu-darmstadt.de

# Forschungsbericht

## F08-8-2008

|                    |  |
|--------------------|--|
| Projekt            | <b>Ökologische Bilanzierung des Gebäudes DVA-Neckarstraße, Stuttgart</b> |
| Berichtszeitraum   | Januar 2009  |
| gefördert durch    | Ed. Züblin AG<br>Albstadtweg 3,<br>70567 Stuttgart                       |
| ausführende Stelle | Technische Universität Darmstadt<br>Institut für Massivbau               |
| Projektleitung     | Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner                                      |
| Projektbearbeitung | Dipl.-Ing. Carmen Schneider  |

Darmstadt, 05.02.2009

Univ.-Prof. Dr.-Ing. C.-A. Graubner

## Inhaltsverzeichnis

### Projektbericht REG - Ressourceneffiziente Gebäude von übermorgen, Ökologische Bilanzierung des Gebäudes DVA-Neckarstraße

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>1</b>   | <b>Grundlagen der Untersuchung</b>  | <b>5</b>  |
| <b>1.1</b> | <b>Einleitung</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1.2</b> | <b>Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044</b>                              | <b>5</b>  |
| <b>1.3</b> | <b>Kriterien der Untersuchung</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1.4</b> | <b>Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen</b>                                   | <b>9</b>  |
| <b>2</b>   | <b>Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Gebäude DVA-Neckarstraße</b>          | <b>11</b> |
| <b>2.1</b> | <b>Allgemeine Angaben zur Bilanzierung</b>  | <b>11</b> |
| <b>2.2</b> | <b>Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF</b> | <b>13</b> |
| 2.2.1      | Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE <sub>GES</sub> )                                 | 13        |
| 2.2.2      | Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE <sub>NE</sub> )                              | 14        |
| 2.2.3      | Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE <sub>E</sub> )                                     | 15        |
| 2.2.4      | Kriterium Versauerungspotenzial (AP)  | 16        |
| 2.2.5      | Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)  | 17        |
| 2.2.6      | Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)  | 18        |
| 2.2.7      | Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)   | 19        |
| 2.2.8      | Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)  | 20        |
| <b>3</b>   | <b>Ökologische Wirkung nach Bauteilen</b>   | <b>21</b> |
| <b>3.1</b> | <b>Dachbauteile</b>   | <b>21</b> |
| 3.1.1      | FD1 Flachdach Kies  | 21        |
| 3.1.2      | FD2 Flachdach Lüftungszentrale  | 22        |
| 3.1.3      | FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite   | 23        |
| 3.1.4      | FD4 Flachdach Anbau EG  | 24        |
| <b>3.2</b> | <b>Fensterbauteile</b>  | <b>25</b> |
| 3.2.1      | FF1 Fenster Hofseite  | 25        |
| 3.2.2      | FF2 Fenster Straßenseite  | 26        |
| <b>3.3</b> | <b>Sonnenschutzbauteile</b>   | <b>27</b> |
| 3.3.1      | FF3 Sonnenschutz  | 27        |
| <b>3.4</b> | <b>Außenwandbauteile</b>  | <b>28</b> |
| 3.4.1      | AW1 Außenwand WDVS  | 28        |
| 3.4.2      | AW2 Außenwand WDVS Riemchen   | 29        |
| 3.4.3      | AW3 Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung  | 30        |
| 3.4.4      | AW4 Außenwand Lüftungszentrale  | 31        |
| 3.4.5      | AW5 Glasbausteinwand  | 32        |
| 3.4.6      | AWE Außenwand gegen Erdreich  | 33        |
| <b>3.5</b> | <b>Bauteile Bodenplatte</b>   | <b>34</b> |
| 3.5.1      | BoPI1 Bodenplatte   | 34        |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>3.6</b>  | <b>Deckenbauteile</b>                  | <b>35</b> |
| 3.6.1       | FuD1 Decke über UG                     | 35        |
| 3.6.2       | FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale | 36        |
| 3.6.3       | FuD3 Innendecke Fliesen                | 37        |
| 3.6.4       | FuD4 Innendecke Linoleum               | 38        |
| 3.6.5       | FuD5 Decke über UG                     | 39        |
| <b>3.7</b>  | <b>Innenwandbauteile</b>               | <b>40</b> |
| 3.7.1       | FuW1 Innenwand                         | 40        |
| 3.7.2       | FuW2 Gipskartonständerwand             | 41        |
| <b>3.8</b>  | <b>Türelemente</b>                     | <b>42</b> |
| 3.8.1       | FuW4 Holztüren                         | 42        |
| <b>3.9</b>  | <b>Stützenbauteile</b>                 | <b>43</b> |
| 3.9.1       | FuW3 Betonstütze                       | 43        |
| <b>3.10</b> | <b>Schlosserarbeiten</b>               | <b>44</b> |
| 3.10.1      | SA Schlosserarbeiten                   | 44        |
| <b>4</b>    | <b>Literaturverzeichnis</b>            | <b>45</b> |
| <b>5</b>    | <b>Bauteilflächen des Gebäudes DVA</b> | <b>46</b> |

## **1 Grundlagen der Untersuchung**

### **1.1 Einleitung**

Nachhaltiges Bauen und Konstruieren entspricht dem Puls der Zeit und wird das Bauwesen grundlegend verändern. Ziel ist es, bauliche Strukturen in ökologischer, ökonomischer, soziokultureller und technischer Hinsicht über deren gesamten Lebenszyklus zu optimieren, hierbei Ressourcen zu schonen und schädliche Wirkungen auf Mensch und Gesellschaft zu minimieren. Für jede am Bau beteiligte Interessensgruppe ergeben sich hieraus neue Herausforderungen. Einen Vorsprung auf diesem Gebiet werden sich diejenigen sichern, die sich frühzeitig den neu entstandenen Anforderungen stellen.

Die Ed. Züblin AG, hat mit dem Ziel, einen Beitrag zum nachhaltigen Bauen zu leisten, dem Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt im Rahmen des Projektes „REG-Ressourceneffiziente Gebäude von Übermorgen“ den Auftrag erteilt, eine ökologische Untersuchung Ökobilanz verschiedener Gebäude mit Hilfe der Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2] zu erstellen. Die Untersuchung wird anhand von etwa 30 repräsentativen Bauteilen durchgeführt, die zusammen mit dem Auftraggeber aus Konstruktion und TGA eines jeden Gebäudes identifiziert wurden. Hierbei wurde ein großer Wert darauf gelegt, dass die ausgewählten Bauteile die überwiegende Masse des Gebäudes, sowie den überwiegenden Teil der vom Gebäude ausgehenden Umweltwirkungen abdecken.

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse der Untersuchung der ökologischen Wirkungen für das Gebäude DVA-Neckarstraße, Stuttgart.

### **1.2 Methode der Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044**

Die Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044 [1] [2], die als Untersuchungsmethode für das vorliegende Forschungsvorhaben herangezogen wurde, dient der Abschätzung der mit einem Produkt verbundenen Umweltaspekte und produktspezifischen potenziellen Umweltwirkungen. Die Methode enthält die in Abbildung 1 dargestellten Schritte:

1. Festlegung und Ziel des Untersuchungsrahmens
2. Sachbilanz
3. Wirkungsabschätzung
4. Auswertung

Die einzelnen Arbeitsschritte beeinflussen sich gegenseitig und können nicht getrennt voneinander betrachtet werden. Die Anwendungsmöglichkeiten einer Ökobilanz reichen vom gezielten Aufzeigen von Verbesserungspotenzialen für Produkte (wie z.B. Deckensysteme) und Prozesse (wie z.B. Herstellungstätigkeiten für ganze Gebäude) bis hin zur Unterstützung strategischer Entscheidungsprozesse.

Gegenstand der vorliegenden ökologischen Bilanzierung nach DIN EN ISO 14040 und 14044 sind repräsentativ für das Gebäude DVA-Neckarstraße ausgewählte Bauteile und Elemente der Baukonstruktion. Für die Untersuchung wurden die im Folgenden beschriebenen Untersuchungskriterien herangezogen.

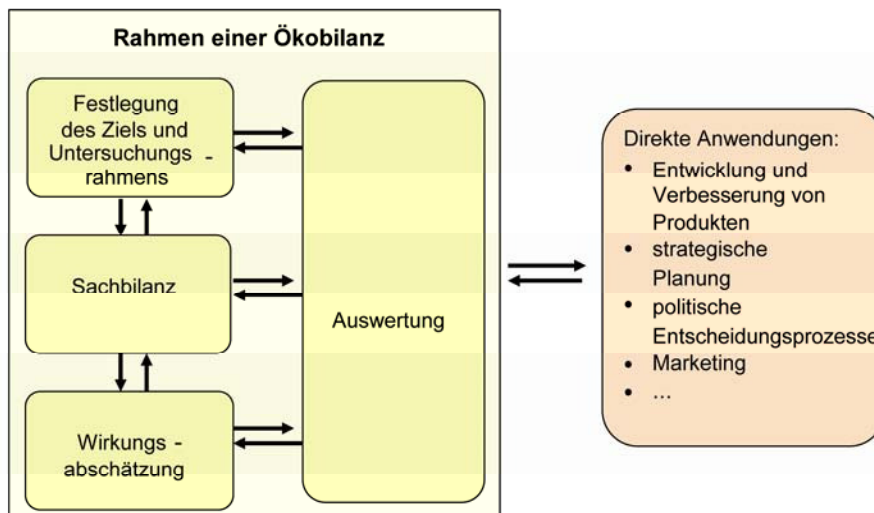


Abbildung 1: Aufbau einer Ökobilanz nach DIN EN 14040 und 14044 [1]

### 1.3 Kriterien der Untersuchung

In Rahmen der im Forschungsvorhaben durchgeführten Ökobilanz-Studie werden die potenziellen Umweltwirkungen des Gesamtgebäudes über den Lebenszyklus anhand von etwa 30 ausgewählten Bauteilen untersucht. Hierfür werden die im Folgenden dargestellten Untersuchungskriterien herangezogen. Die genannten Kriterien sind auch Bestandteil der Beurteilung der Hauptkriteriengruppe der „Ökologischen Qualität“ im Rahmen des „Deutschen Gütesiegels Nachhaltiges Bauen“. Auf die Darstellung und Interpretation weiterer Wirkungskategorien (z.B. Humantoxizität) wurde aufgrund der eingeschränkten Akzeptanz und bisher im Bauwesen nur lückenhaft vorliegenden Datengrundlage nach Absprache mit dem Auftraggeber verzichtet.

### **Treibhauspotenzial (GWP) [in kg CO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Treibhauspotenzial (Global Warming Potenzial), gemessen in kg CO<sub>2</sub>-Äqu., ist das massebezogene Äquivalent der Treibhauswirkung von entsprechenden Gasen. Ein Produkt mit einem niedrigen GWP-Wert verursacht nur geringe Emissionen an Gasen, die zum Treibhauseffekt beitragen. An dieser Stelle zu nennen sind CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O sowie SF<sub>6</sub>, PFC und HFC. Ihre Werte werden in Relation zur Treibhauswirkung von Kohlendioxid als CO<sub>2</sub>-Äquivalent angegeben. Das Treibhauspotenzial ist aufgrund der Wirkungscharakteristik von Treibhausgasen und deren unterschiedlicher atmosphärischer Verweildauern ein zeitliches Integral über einen bestimmten Zeitraum. Daher ist bei der Kategorie Treibhauspotenzial stets der Bezugszeitraum – 25, 100 oder 500 Jahre – anzugeben. Für die vorliegende Studie beträgt der Bezugszeitraum 100 Jahre (GWP<sub>100</sub>).

### **Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP) [in kg R<sub>11</sub>-Äqu.]**

Die Anreicherung des Gases R<sub>11</sub> in der Atmosphäre trägt zur Zerstörung der Ozonschicht bei. Aufgabe der Ozonschicht ist die Abschirmung von UV-Strahlung und damit die Verhinderung einer zu starken Erwärmung der Erdoberfläche. Zu den Folgen der Zerstörung der Ozonschicht gehören u.a. Tumorbildungen bei Mensch und Tier, sowie Störungen der Photosynthese.

### **Ozonbildungspotenzial (POCP) [in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äqu.]**

Das Ozonbildungs- oder Sommersmogpotenzial, gemessen in kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Äqu./m<sup>2</sup> ist das massebezogene Äquivalent schädlicher Spurengase, wie z.B. Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, die in Verbindung mit UV-Strahlung zur Bildung von bodennahem (troposphärischem) Ozon beitragen. Die dadurch entstehende human- und ökotoxische Verunreinigung der bodennahen Luftschichten wird als Sommersmog bezeichnet. Dieser greift die Atmungsorgane an und schädigt Pflanzen und Tiere. Die Konzentration von bodennahem Ozon wird regelmäßig durch Luft-Messstationen ermittelt, in Belastungskarten dargestellt und veröffentlicht.

### **Überdüngungspotenzial (EP) [in kg PO<sub>4</sub>-Äqu.]**

Überdüngung (Eutrophierung) bezeichnet den Übergang von Gewässern und Böden von einem nährstoffarmen (oligotrophen) in einen nährstoffreichen (eutrophen) Zustand. Sie wird verursacht durch die Zufuhr von Nährstoffen, insbesondere durch Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Diese können z.B. bei der Herstellung von Bauprodukten vor allem aber durch Auswaschungen von Verbrennungsemissionen in die Umwelt gelangen. Die resultierende Änderung der Verfügbarkeit von Nährstoffen wirkt sich z.B. in Gewässern durch eine vermehrte Algenbildung aus, die unter anderem das Sterben von Fischen zur Folge haben kann.

### **Versauerungspotenzial (AP) [in kg SO<sub>2</sub>-Äqu.]**

Das Versauerungspotenzial (Acidification Potenzial) beschreibt die Wirkung versauernder Emissionen und ist damit ein Maß für die Umweltwirkung „Versauerung von Böden und Gewässern“. Je höher der AP-Wert, umso höher die Gefahr von saurem Regen und den damit verbundenen Umweltschädigungen. Referenzstoff für die Berechnung des Versauerungspotenzials ist SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid), auf das die Wirkung der anderen versauernd wirkenden Luftemissionen (wie z.B. NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S), ausgedrückt in massebezogenen SO<sub>2</sub>-Äquivalenten, bezogen wird.

### **Primärenergiebedarf erneuerbar (PE<sub>E</sub>) [in KWh]**

Der erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller primärenergetischen Aufwendungen aus erneuerbaren Quellen (wie z.B. Biomasse, Sonnenstrahlung, Erdwärme, Wasser- und Windkraft), die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>e</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig erneuerbare Energie verbraucht wurde. Der Primärenergiebedarf erneuerbar sollte immer in Zusammenhang mit dem Gesamtprimärenergiebedarf, d.h. der Summe der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Primärenergiewerte gesehen werden.

### **Primärenergiebedarf nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>) [in KWh]**

Der nicht erneuerbare Primärenergiebedarf eines Produktes ist Summe aller nicht erneuerbaren primärenergetischen Aufwendungen, die im Zusammenhang mit der Herstellung, Nutzung und Entsorgung eines ökonomischen Gutes (Produkt oder Dienstleistung) entstehen bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden. Ein niedriger PE<sub>ne</sub> -Wert deutet auf ein Produkt hin, für dessen Herstellung, Nutzung und Entsorgung nur wenig nicht erneuerbare Energie verbraucht wurde. Zu den nicht erneuerbaren Primärenergiequellen zählen u.a. Steinkohle, Braunkohle, Erdöl, Erdgas und Uran.



## 1.4 Ziel der Ökobilanzierung und Untersuchungsrahmen

### Ziel und Vorgehen

Ziel der Untersuchung ist Ermittlung der mit dem Gebäude verbundenen Umweltwirkungen. Im diesem Zusammenhang werden die Umweltwirkungen, die durch die Errichtung, Instandhaltung und Entsorgung des untersuchten Gebäudes über einen Zeitraum von 50 Jahren entstehen, bilanziert. Im Sinne der Erschaffung eines zukunftsfähigen und nachhaltigkeitsorientierten Baustandards, werden über die Darstellung der Ergebnisse hinaus, Hinweise auf ökologische Optimierungspotenziale erwartet. Im Untersuchungsrahmen enthalten ist die Herstellung der Baustoffe der betrachteten Bauteile inklusive Vorketten, Transporte, deren Instandhaltung sowie die Entsorgung der Baustoffe nach Ablauf der nach [3] angesetzten Lebensdauern. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Transporte auf der Baustelle entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Zur Durchführung der Ökobilanz des Gebäudes stehen am Institut für Massivbau die Tools bauloop (Ökobilanzierung Konstruktion) und bauluna (Ökobilanzierung Betriebsphase) zur Verfügung. Die verwendeten Datengrundlagen entstammen den Datenbanken Ökobaudat des BMVBS Stand Dezember 2008. Dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der Datenbank und Ökobilanzsoftware GABI 4 sinnvoll ergänzt.

### Funktionelle Einheit

Die Funktionelle Einheit dient als Vergleichsmaßstab jeder Untersuchung. In der vorliegenden Studie wurde als Funktionelle Einheit das Büro- und Gewerbegebäude „DVA-Neckarstraße“ ohne Grundstück gewählt.

### Systemgrenzen

Die Angabe der Systemgrenzen dient dazu, nachvollziehbar darzustellen, was in der Untersuchung berücksichtigt wurde, und was nicht in die Betrachtung eingeflossen ist.

Räumliche Systemgrenze der Berechnungen sind die Gebäudeaußenkanten. In die Betrachtung gehen als repräsentativ ausgewählte Bauteile des Rohbaus des Gebäudes, Türen, Fenster, Wand-, Decken- und Bodenbekleidungen, sowie Bauteile der Technischen Gebäudeausstattung ein. Der zeitliche Betrachtungsrahmen beginnt mit der Erstellung des Gebäudes (inklusive Herstellung

aller Vorprodukte), umfasst die Nutzungsphase und endet mit der Entsorgung nach dem 50. Bestandsjahr.

### **Sachbilanzierung**

Ziel der Sachbilanzierung ist es, für das zu analysierende Büro- und Gewerbegebäude die erforderlichen Mengen an Material festzustellen, die durch die Erstellung des Gebäudes und später durch die Instandsetzungsarbeiten anfallen. Diese Materialmengen werden dann mit den Umweltwirkungen verknüpft, die mit der Herstellung, Transport und Entsorgung dieser Materialien verbunden sind. Umweltwirkungen, die durch den Bauprozess und Baustellentransporte entstehen, sind in den ökologischen Kenndaten nicht enthalten. Ihr Anteil ist jedoch als gering einzuschätzen.

Für die Sachbilanzierung wurden die am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna verwendet. Für die Festlegung der nötigen Instandsetzungsarbeiten muss für jedes Material eine Lebensdauer angesetzt werden. Die berücksichtigten Nutzungsdauern der Materialien sind für die einzelnen Schichten in den Bauteiltabellen enthalten und wurden in Anlehnung an Kapitel 7.1 „Lebensdauer Bauteile und Bauteilschichten“ der Anlage 6 des „Leitfadens Nachhaltiges Bauen“ [3] gewählt. Durch Abhängigkeiten zu angrenzenden Schichten können manche Materialien nicht so lange genutzt werden, wie es ihrer technisch möglichen Lebensdauer entspricht. Dies wird bei der Sachbilanzierung berücksichtigt.

### **Wirkungsabschätzung**

Die Wirkungsabschätzung für die ausgewählten Kriterien (Primärenergie aus nicht erneuerbaren und erneuerbaren Quellen, Treibhauspotenzial, Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Ozonschichtzerstörungspotenzial, Ozonbildungspotenzial) erfolgt mit den am Institut für Massivbau der Technischen Universität Darmstadt entwickelten Softwaretools bauloop und bauluna, die die Ergebnisse der Stoffstrombilanzierung mit den in der Datenbank hinterlegten Werten der ausgewählten Wirkungskategorien für alle eingesetzten Baumaterialien verknüpfen.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Untersuchung grafisch aufbereitet dargestellt.

## 2 Ergebnisse der ökologischen Bilanzierung für das Gebäude DVA-Neckarstraße

### 2.1 Allgemeine Angaben zur Bilanzierung

Der Betrachtungszeitraum der Untersuchung beträgt 50 Jahre. Er entspricht somit dem Betrachtungszeitraum, der für die Nachhaltigkeitszertifizierung mit dem „Deutschen Gütesiegel Nachhaltiges Bauen festgelegt wurde.

Als Datenbasis wurde die Datenbank Ökobaudat (Stand Dezember 2008) verwendet. Dort noch nicht vorhandene Baustoffe- und Bauelemente wurden mit zu Hilfenahme der Datenbank GaBi 4 und unter Verwendung der am Institut für Massivbau verfügbaren Tools Bauloop und Bauluna nachbilanziert. In den Datensätzen wurden im Lebenszyklusabschnitt „End of Life“ eines jeden Bauteils, für das dies notwendig ist (z.B. für das Recycling von Stahl), Gutschriften gemäß Ökobaudat berücksichtigt. Das kann dazu führen, dass die ökologischen Wirkungen eines Bauteils über den gesamten Lebenszyklus einen geringeren Betrag aufweisen können, als zum Zeitpunkt der Erstellung. Beispielhaft zeigt die folgende Tabelle die ökologische Wirkung eines Bauteils mit einer Gutschrift zum Lebenszyklusende.

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|--|--|---------------------------|--|--|--|-------------------|-------------------|-------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |  |                           |  |  |  |                   |                   |                   |
|  | GWP                                    | ODP                       | POCP   | AP                                     | EP                                     | Eges              | Ee                | Ene               |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> | MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 146,7                                  | 0,000010                  | 0,066  | 0,68                                   | 0,038                                  | 2393,7            | 514,5             | 1879,2            |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,6                                   | 0,000004                  | 0,033  | 0,37                                   | 0,043                                  | 1148,2            | 153,8             | 994,5             |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |         |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
|   | %      | %       | %       | %       | %      | %       | %       | %       |
| Erstellung  | 153,5% | 215,4%  | 197,3%  | 184,6%  | 89,0%  | 208,5%  | 334,6%  | 189,0%  |
| Nutzung   | 31,5%  | 15,8%   | 24,8%   | 35,1%   | 45,3%  | 22,2%   | 2,3%    | 25,3%   |
| Entsorgung  | -85,0% | -131,2% | -122,1% | -119,7% | -34,3% | -130,7% | -236,9% | -114,3% |

Allgemein werden in der Phase End-of-Life folgende Entsorgungswege unterschieden:

- Metalle mit hohen Anteilen von Primärherstellung sind mit Ihrem Recyclingpotenzial anzusetzen. Die Gutschriften sind hierbei abhängig von der Art des Metalls. Ausgenommen von Gutschriften in der Phase des End-of-Life sind Metalle aus Recyclingmaterial (wie z.B. Bewehrungsstahl). Für sie darf keine Gutschrift angesetzt werden.
- Für mineralische Baustoffe ist der Entsorgungsweg Recycling/Verwertung zu wählen. Hierzu wird vereinfachend der Ökobau.dat Datensatz „Bauschutttaufbereitung“ gewählt.
- Materialien mit einem Heizwert (wie z.B. Holz, Kunststoffe, etc.) werden einer thermischen Verwertung zugeführt. Die Daten werden hierzu nach Stoffgruppen zusammengefasst. Angesetzt wird der Stoffgruppenspezifische Datensatz nach Ökobau.dat.

- Für alle sonstigen Materialien, die auf Bauschutt- und Hausmülldeponien abgelagert werden dürfen, ist der Entsorgungsweg „Entsorgung auf Deponie“ zu wählen.

Die Lebensdauern der Bauteilschichten entstammen der Anlage 6 des Leitfadens Nachhaltiges Bauen [2], dort fehlende Daten wurden mit Hilfe der unter [www.nachhaltigesbauen.de](http://www.nachhaltigesbauen.de) verfügbaren Lebensdauertabelle des Bundes ergänzt. Unter Beachtung der Abhängigkeiten zwischen einzelnen Schichten wurden die eingesetzten Lebensdauern praxisgerecht angepasst (Schichtenmodell des Instituts für Massivbau).

Die Nettogeschossfläche des bilanzierten Gebäudes beträgt **6.073,3 m<sup>2</sup>**.

Das Gebäude besitzt keine Tiefgarage.

Die Ergebnisse der Ökobilanz sind im folgenden Kapitel 2.2 pro m<sup>2</sup> NGF dargestellt.

## 2.2 Untersuchungsergebnisse für die Baukonstruktion des Gebäudes pro m<sup>2</sup> NGF

### 2.2.1 Kriterium Primärenergiebedarf gesamt (PE<sub>GES</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Gesamt-Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

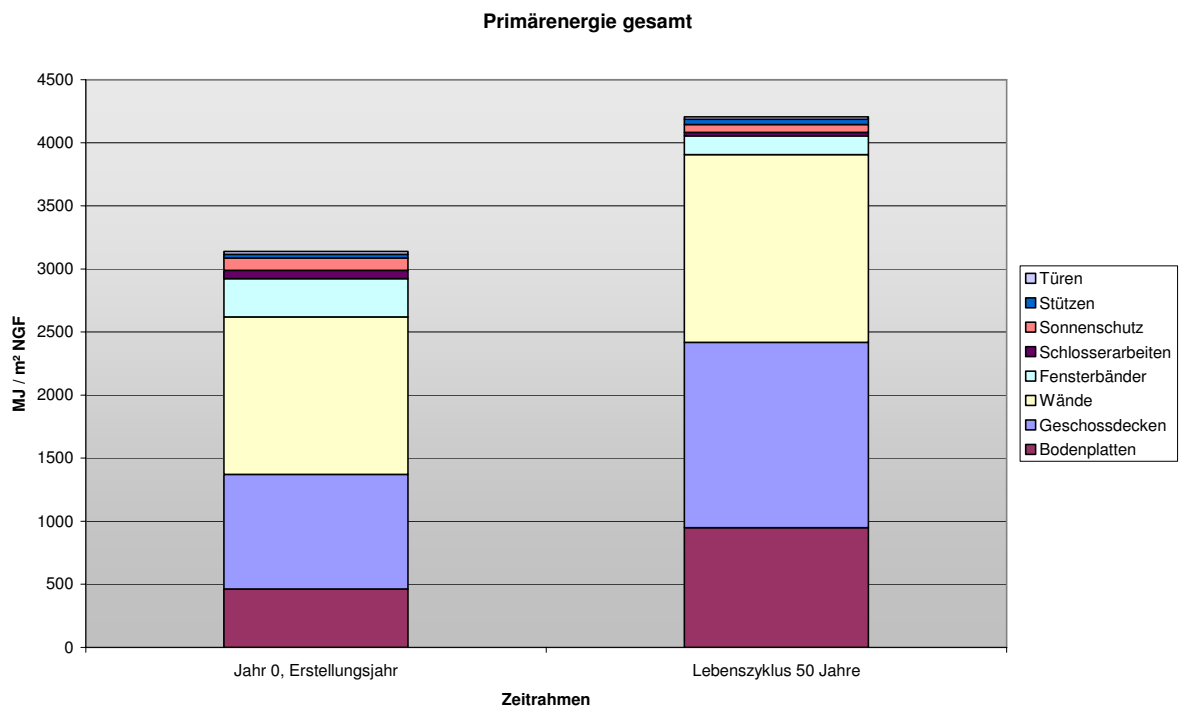


Abbildung 2 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf gesamt des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |          |                   |                        |                    |          |                     |                   |
|---|----------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
|   | Türen    | Stützen  | Sonnen-<br>schutz | Schlosser-<br>arbeiten | Fenster-<br>bänder | Wände    | Geschoss-<br>decken | Boden-<br>platten |
| Erstellungsjahr 0   | 2,31E+01 | 2,96E+01 | 9,71E+01          | 6,64E+01               | 3,02E+02           | 1,25E+03 | 9,09E+02            | 4,63E+02          |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 1,86E+01 | 4,28E+01 | 6,13E+01          | 2,72E+01               | 1,49E+02           | 1,49E+03 | 1,47E+03            | 9,50E+02          |

Abbildung 3 Primärenergiebedarf gesamt des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.2 Kriterium Primärenergie nicht erneuerbar (PE<sub>NE</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

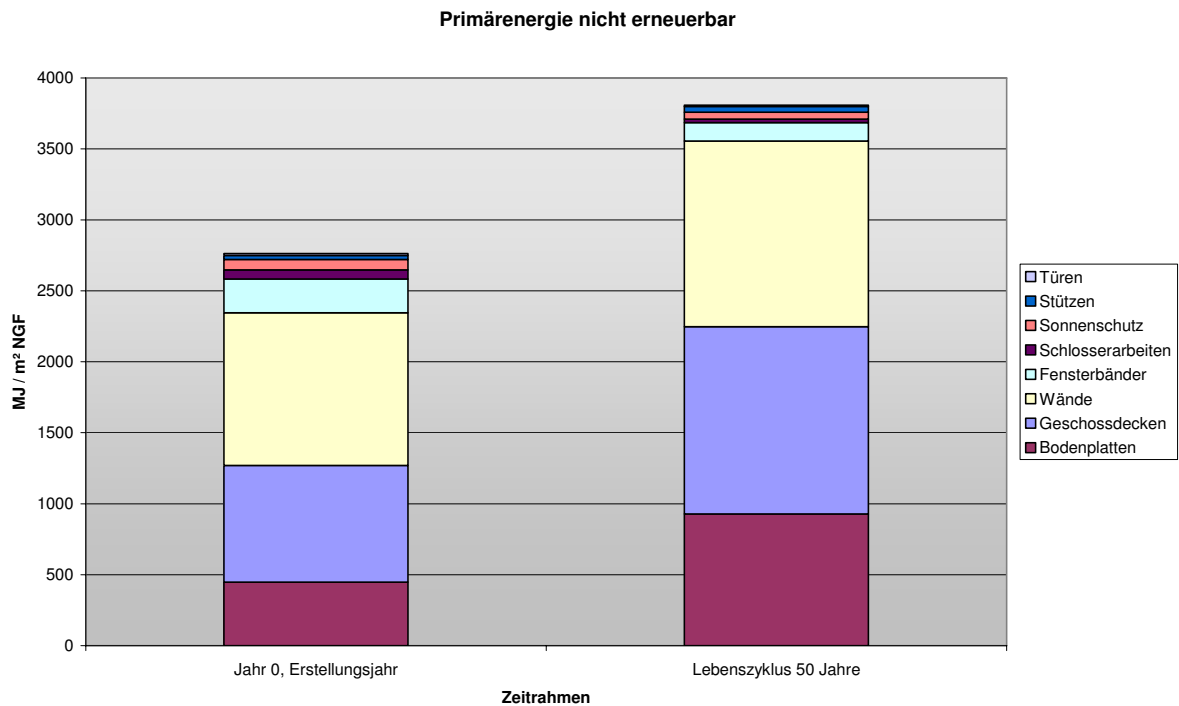


Abbildung 4 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |          |               |                    |                |          |                 |               |
|---|----------|----------|---------------|--------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|
|   | Türen    | Stützen  | Sonnen-schutz | Schlosser-arbeiten | Fenster-bänder | Wände    | Geschoss-decken | Boden-platten |
| Erstellungsjahr 0   | 1,44E+01 | 2,82E+01 | 7,27E+01      | 6,42E+01           | 2,38E+02       | 1,08E+03 | 8,21E+02        | 4,48E+02      |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 9,87E+00 | 4,10E+01 | 4,72E+01      | 2,52E+01           | 1,30E+02       | 1,31E+03 | 1,32E+03        | 9,27E+02      |

Abbildung 5 Primärenergiebedarf nicht erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 2.2.3 Kriterium Primärenergie erneuerbar (PE<sub>E</sub>)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des erneuerbaren Primärenergiebedarfs für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Dieser ist sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in MJ pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

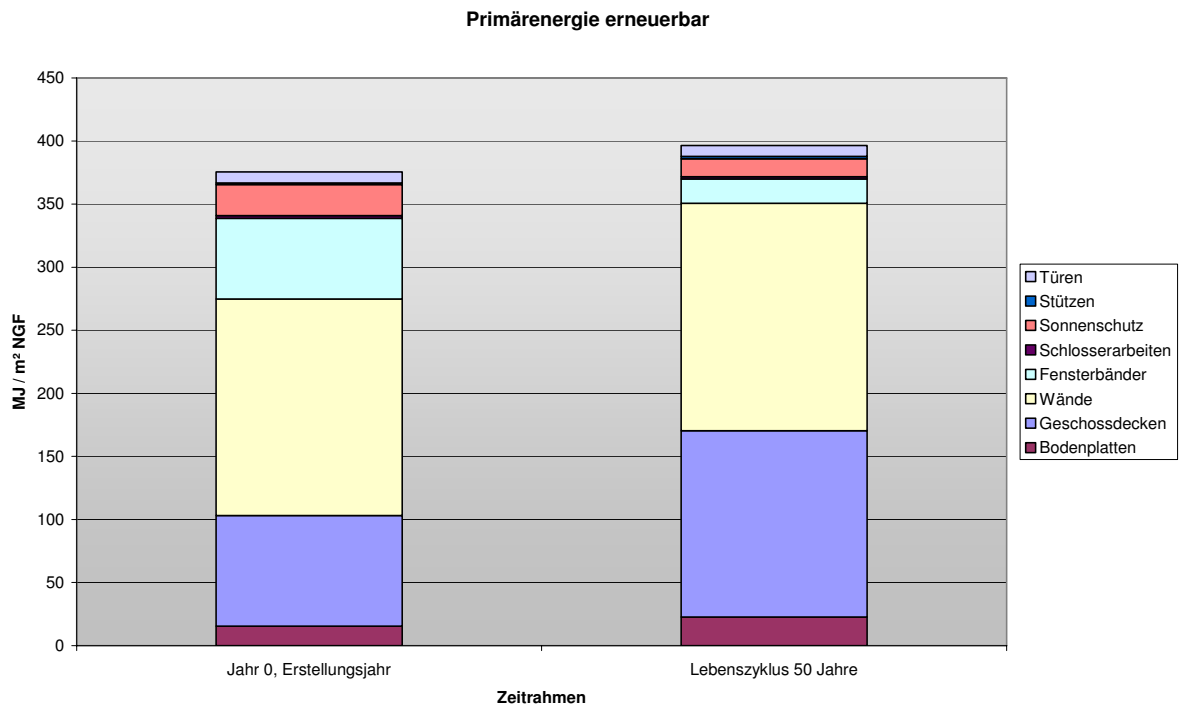


Abbildung 6 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Primärenergiebedarf erneuerbar des Gebäudes [MJ/m <sup>2</sup> NGF] |          |          |               |                    |                |          |                 |               |
|---|----------|----------|---------------|--------------------|----------------|----------|-----------------|---------------|
|   | Türen    | Stützen  | Sonnen-schutz | Schlosser-arbeiten | Fenster-bänder | Wände    | Geschoss-decken | Boden-platten |
| Erstellungsjahr 0   | 8,75E+00 | 1,39E+00 | 2,44E+01      | 2,20E+00           | 6,40E+01       | 1,72E+02 | 8,76E+01        | 1,54E+01      |
| Lebenszyklus 50 Jahre   | 8,71E+00 | 1,85E+00 | 1,41E+01      | 2,01E+00           | 1,92E+01       | 1,80E+02 | 1,48E+02        | 2,27E+01      |

Abbildung 7 Primärenergiebedarf erneuerbar des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.4 Kriterium Versauerungspotenzial (AP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg SO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

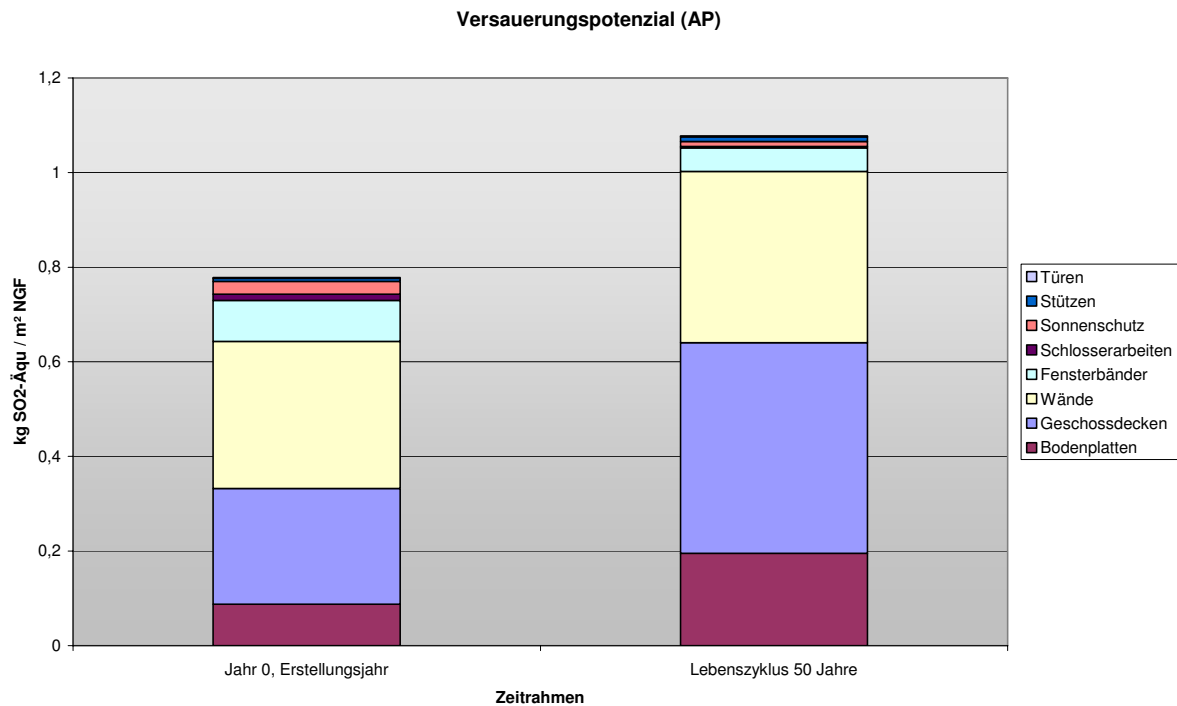


Abbildung 8 Versauerungspotenzial des Gebäudes DVA-Neckarstraße, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

| Versauerungspotential des Gebäudes [kg SO <sub>2</sub> -Äquivalent/m <sup>2</sup> NGF] |          |          |              |                   |               |          |                |              |
|--|----------|----------|--------------|-------------------|---------------|----------|----------------|--------------|
|  | Türen    | Stützen  | Sonnenschutz | Schlosserarbeiten | Fensterbänder | Wände    | Geschossdecken | Bodenplatten |
| Erstellungsjahr 0  | 1,67E-03 | 6,33E-03 | 2,74E-02     | 1,30E-02          | 8,65E-02      | 3,11E-01 | 2,44E-01       | 8,77E-02     |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 2,42E-03 | 9,43E-03 | 1,06E-02     | 3,01E-03          | 4,99E-02      | 3,62E-01 | 4,45E-01       | 1,95E-01     |

Abbildung 9 Versauerungspotenzial des Gebäudes DVA-Neckarstraße, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)



## 2.2.5 Kriterium Eutrophierungspotenzial (EP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Eutrophierungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

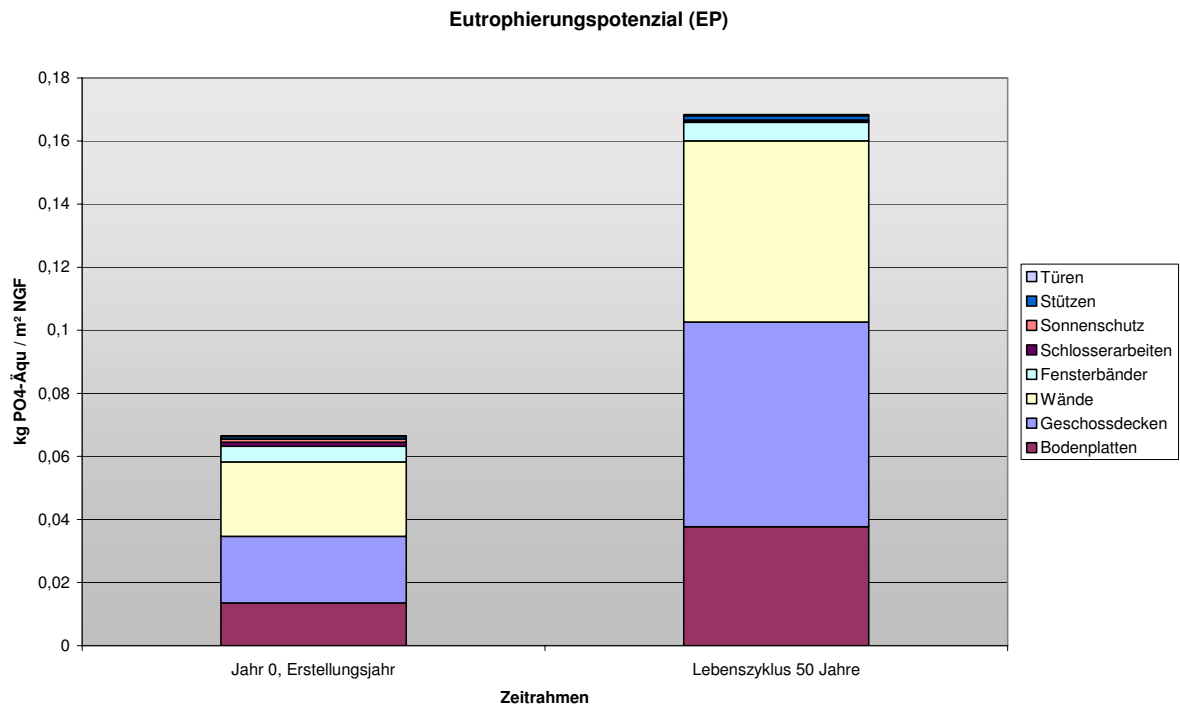


Abbildung 10 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### Eutrophierungspotenzial des Gebäudes [kg PO<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]

|                       | Türen    | Stützen  | Sonnen-<br>schutz | Schlosser-<br>arbeiten | Fenster-<br>bänder | Wände    | Geschoss-<br>decken | Boden-<br>platten |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Erstellungsjahr 0     | 1,87E-04 | 8,11E-04 | 1,04E-03          | 1,23E-03               | 4,97E-03           | 2,36E-02 | 2,12E-02            | 1,35E-02          |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 3,08E-04 | 1,37E-03 | 3,88E-04          | 3,07E-04               | 5,90E-03           | 5,75E-02 | 6,49E-02            | 3,77E-02          |

Abbildung 11 Eutrophierungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.6 Kriterium Treibhauspotenzial (GWP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Treibhauspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

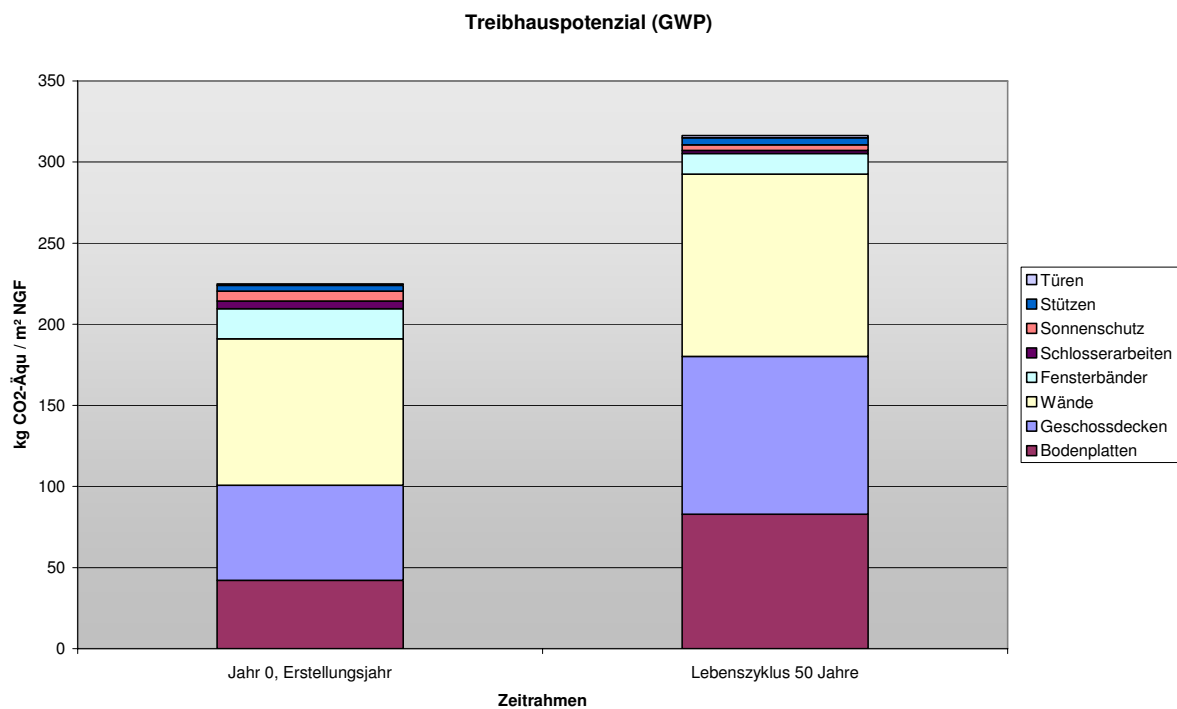


Abbildung 5: Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### Treibhauspotential des Gebäudes [kg CO<sub>2</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]

|                       | Türen    | Stützen  | Sonnen-<br>schutz | Schlosser-<br>arbeiten | Fenster-<br>bänder | Wände    | Geschoss-<br>decken | Boden-<br>platten |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Erstellungsjahr 0     | 9,20E-01 | 3,57E+00 | 6,09E+00          | 4,76E+00               | 1,85E+01           | 9,02E+01 | 5,87E+01            | 4,22E+01          |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 1,35E+00 | 4,41E+00 | 3,41E+00          | 1,85E+00               | 1,27E+01           | 1,12E+02 | 9,72E+01            | 8,30E+01          |

Abbildung 12 Treibhauspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.7 Kriterium Ozonschichtzerstörungspotenzial (ODP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Ozonschichtzerstörungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg R11-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

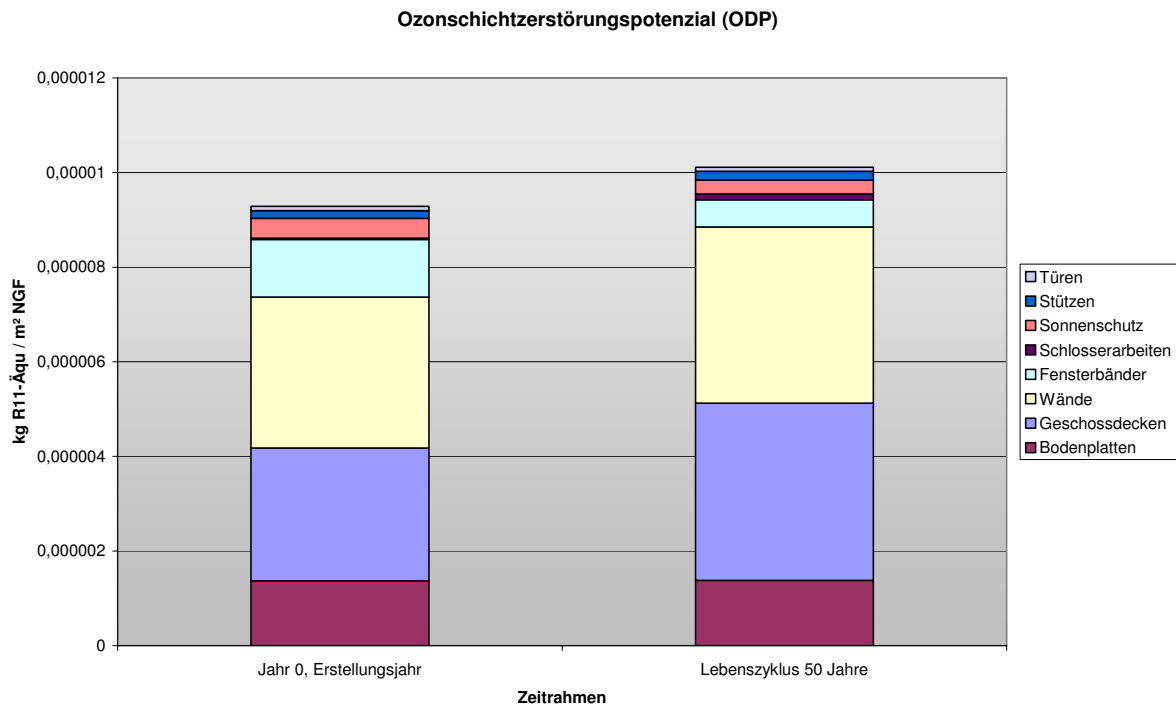


Abbildung 13 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

### Ozonschichtzerstörungspotenzial des Gebäudes [kg R11-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]

|                       | Türen    | Stützen  | Sonnen-<br>schutz | Schlosser-<br>arbeiten | Fenster-<br>bänder | Wände    | Geschoss-<br>decken | Boden-<br>platten |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Erstellungsjahr 0     | 9,13E-08 | 1,65E-07 | 4,20E-07          | 2,65E-08               | 1,22E-06           | 3,19E-06 | 2,81E-06            | 1,37E-06          |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 8,28E-08 | 1,84E-07 | 2,96E-07          | 1,20E-07               | 5,78E-07           | 3,72E-06 | 3,74E-06            | 1,38E-06          |

Abbildung 14 Ozonschichtzerstörungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und dem gesamten Lebenszyklus (50 Jahre)

## 2.2.8 Kriterium Ozonbildungspotenzial (POCP)

Die folgenden Abbildungen enthalten eine Darstellung der Werte des Kriteriums Versauerungspotenzial für die Konstruktion des untersuchten Gebäudes. Die Ergebnisse sind sowohl für das Erstellungsjahr 0, als auch den angesetzten Lebenszyklus von 50 Jahren angegeben. Die Werte sind in beiden Abbildungen in kg C2H4-Äquivalent pro m<sup>2</sup> NGF ausgewiesen.

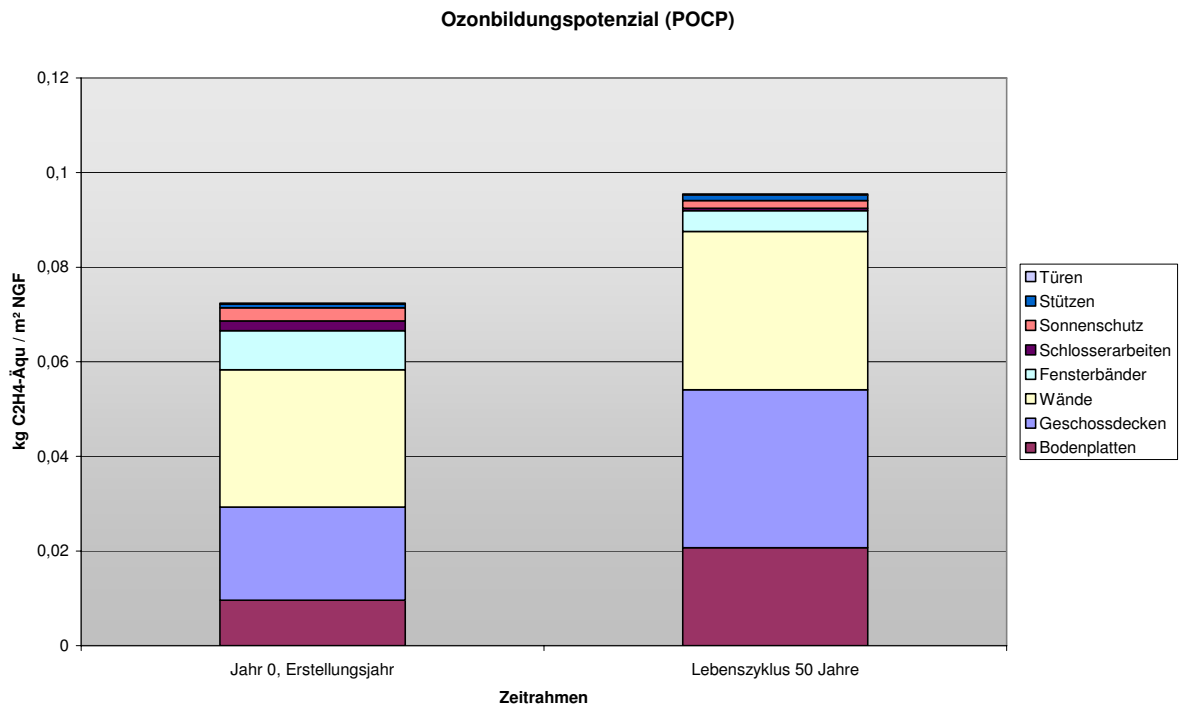


Abbildung 15 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### Ozonbildungspotential des Gebäudes [kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Äquivalent/m<sup>2</sup> NGF]

|                       | Türen    | Stützen  | Sonnen-<br>schutz | Schlosser-<br>arbeiten | Fenster-<br>bänder | Wände    | Geschoss-<br>decken | Boden-<br>platten |
|-----------------------|----------|----------|-------------------|------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Erstellungsjahr 0     | 2,10E-04 | 7,27E-04 | 2,78E-03          | 2,07E-03               | 8,28E-03           | 2,90E-02 | 1,97E-02            | 9,63E-03          |
| Lebenszyklus 50 Jahre | 2,31E-04 | 1,16E-03 | 1,61E-03          | 5,22E-04               | 4,38E-03           | 3,35E-02 | 3,34E-02            | 2,07E-02          |

Abbildung 16 Ozonbildungspotenzial des Bauwerks, dargestellt für das Erstellungsjahr und den angesetzten Lebenszyklus (50 Jahre)

### 3 Ökologische Wirkung nach Bauteilen

#### 3.1 Dachbauteile

##### 3.1.1 FD1 Flachdach Kies

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD1 Flachdach Kies“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                    |                      |        |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                    |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 1                  | Anzahl Schichten     | 12     |
| Bauteilname:                       | FD1 Flachdach Kies | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                    |                    | Gesamtfläche (m²)    | 791,65 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Kiesschüttung 16/32                   | 30              | 5,00              | 100%                  | 1800              | 90,00           |
| 2              | Polyester Schutzvlies                 | 30              | 0,16              | 100%                  | 300               | 0,48            |
| 3              | Sarnafil TG 66-20 (FPO-A)             | 30              | 0,20              | 100%                  | 1150              | 2,30            |
| 4              | EPS-Schaum 040                        | 30              | 16,00             | 100%                  | 30                | 4,80            |
| 5              | Alukaschierung                        | 30              | 0,10              | 100%                  | 2700              | 2,70            |
| 6              | Bitumendichtungsbahn                  | 30              | 0,40              | 100%                  | 1200              | 4,80            |
| 7              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300              | 202,86          |
| 8              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800              | 14,04           |
| 9              | Luftschicht                           | 50              | 21,00             | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 10             | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800              | 1,01            |
| 11             | Mineralwolleplatte                    | 50              | 2,00              | 100%                  | 200               | 4,00            |
| 12             | Dispersionsanstrich                   | 15              | 0,04              | 100%                  | 1300              | 0,52            |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                   | 327,51          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 92,0                              | 4,68E-06             | 0,031  | 0,59                             | 0,019                            | 1747,6        | 157,8       | 1589,8       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 124,7                             | 4,64E-06             | 0,036  | 0,91                             | 0,045                            | 2421,3        | 112,8       | 2308,5       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |        |       |       |        |        |        |
|---|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP   | ODP    | POCP   | AP    | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 73,8% | 100,8% | 85,7%  | 64,5% | 42,3% | 72,2%  | 140,0% | 68,9%  |
| Nutzung   | 34,6% | 33,3%  | 35,8%  | 45,1% | 37,2% | 44,6%  | 42,6%  | 44,7%  |
| Entsorgung  | -8,4% | -34,1% | -21,4% | -9,6% | 20,4% | -16,8% | -82,6% | -13,5% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.2 FD2 Flachdach Lüftungszentrale

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD2 Flachdach Lüftungszentrale“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                                |                      |        |
|--------------|--------------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 2                              | Anzahl Schichten     | 8      |
| Bauteilname: | FD2 Flachdach Lüftungszentrale | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                                | Gesamtfläche (m²)    | 116,96 |

| Bauteiltabelle |                      |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung          | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Blech mit Stehfalz   | 30              | 0,1154            | 100%                  | 7800              | 9,00            |
| 2              | Luftschicht          | 30              | 2,00              | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 3              | PE Unterspannbahn    | 30              | 0,02              | 100%                  | 1000              | 0,20            |
| 4              | Mineralfaser 040     | 30              | 12,00             | 100%                  | 20                | 2,40            |
| 5              | Alukaschierung       | 30              | 0,10              | 100%                  | 2700              | 2,70            |
| 6              | Bitumendichtungsbahn | 30              | 0,40              | 100%                  | 1200              | 4,80            |
| 7              | Trapezblech          | 50              | 0,1372            | 100%                  | 7800              | 10,70           |
| 8              | Stahlkonstruktion    | 50              | 0,0988            | 100%                  | 7800              | 7,71            |
| <b>Summe:</b>  |                      |                 |                   |                       |                   | 37,51           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 90,0                              | 2,61E-06             | 0,038  | 0,62                             | 0,020                            | 1499,0        | 160,4       | 1338,6       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 65,5                              | 3,29E-06             | 0,020  | 0,79                             | 0,012                            | 1286,8        | 114,9       | 1171,9       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |         |        |         |        |        |        |
|---|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP    | AP     | EP      | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 137,5% | 79,2%  | 190,3%  | 78,7%  | 166,2%  | 116,5% | 139,6% | 114,2% |
| Nutzung   | 40,1%  | 38,8%  | 40,1%   | 48,6%  | 40,6%   | 42,6%  | 44,3%  | 42,4%  |
| Entsorgung  | -77,6% | -18,0% | -130,4% | -27,3% | -106,8% | -59,1% | -83,9% | -56,7% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.1.3 FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                                       |                                |        |
|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                                       |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 3                                     | Anzahl Schichten               | 6      |
| Bauteilname:                       | FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                                       | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 121,38 |

| Bauteiltabelle |                                      |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                          | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Epoxidharz Beschichtung              | 20              | 0,50              | 100%                  | 1200                           | 6,00                         |
| 2              | Zementestrich                        | 40              | 2,00              | 100%                  | 2000                           | 40,00                        |
| 3              | Beton C20/25                         | 50              | 20,00             | 98%                   | 2300                           | 450,80                       |
| 4              | Bewehrungsstahl BSt 420              | 50              | 20,00             | 2%                    | 7800                           | 31,20                        |
| 5              | Tektalan HP - Steinwolle             | 30              | 4,00              | 100%                  | 115                            | 4,60                         |
| 6              | Tektalan HP - 2xHolzwolledeckschicht | 30              | 1,00              | 100%                  | 700                            | 7,00                         |
| <b>Summe:</b>  |                                      |                 |                   |                       |                                | 539,60                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 127,3   | 3,97E-06                         | 0,030  | 0,28   | 0,044  | 1657,9                    | 172,1                   | 1485,8                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 278,6   | 4,23E-06                         | 0,069  | 0,68   | 0,122  | 3421,5                    | 325,0                   | 3096,6                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 45,7% | 93,7% | 44,4% | 41,9% | 35,8% | 48,5% | 53,0% | 48,0% |
| Nutzung   | 46,5% | 9,9%  | 45,7% | 49,3% | 52,4% | 52,3% | 45,9% | 53,0% |
| Entsorgung  | 7,8%  | -3,6% | 9,9%  | 8,8%  | 11,8% | -0,8% | 1,2%  | -1,0% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.1.4 FD4 Flachdach Anbau EG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FD4 Flachdach Anbau EG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                        |                                |        |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                        |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 4                      | Anzahl Schichten               | 9      |
| Bauteilname:                       | FD4 Flachdach Anbau EG | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                        | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 398,60 |

| Bauteiltabelle |                           |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung               | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Kiesschüttung 16/32       | 30              | 5,00              | 100%                  | 1800                           | 90,00                        |
| 2              | Polyester Schutzvlies     | 30              | 0,16              | 100%                  | 300                            | 0,48                         |
| 3              | Sarnafil TG 66-20 (FPO-A) | 30              | 0,20              | 100%                  | 1150                           | 2,30                         |
| 4              | EPS-Schaum 040            | 30              | 16,00             | 100%                  | 30                             | 4,80                         |
| 5              | Alukaschierung            | 30              | 0,10              | 100%                  | 2700                           | 2,70                         |
| 6              | Bitumendichtungsbahn      | 30              | 0,41              | 100%                  | 1200                           | 4,92                         |
| 7              | Sandwich Stahlblech       | 30              | 0,09              | 100%                  | 7800                           | 7,02                         |
| 8              | Sandwich PUR ausgeschäumt | 30              | 3,91              | 100%                  | 20                             | 0,78                         |
| 9              | Stahlkonstruktion         | 50              | 0,0988            | 100%                  | 7800                           | 7,71                         |
| <b>Summe:</b>  |                           |                 |                   |                       |                                | 120,71                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 89,6  | 3,43E-06                         | 0,036  | 0,60   | 0,019  | 1870,1                    | 155,1                   | 1715,1                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 111,3   | 4,32E-06                         | 0,034  | 0,88   | 0,037  | 2433,0                    | 112,5                   | 2320,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |       |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 80,5%  | 79,4%  | 106,0% | 68,5%  | 49,8% | 76,9%  | 137,8% | 73,9%  |
| Nutzung   | 47,6%  | 46,4%  | 47,6%  | 49,5%  | 48,7% | 48,4%  | 47,6%  | 48,4%  |
| Entsorgung  | -28,0% | -25,8% | -53,6% | -18,0% | 1,5%  | -25,2% | -85,3% | -22,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.2 Fensterbauteile

#### 3.2.1 FF1 Fenster Hofseite

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF1 Fenster Hofseite“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                      |                      |        |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                      |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 5                    | Anzahl Schichten     | 6      |
| Bauteilname:                       | FF1 Fenster Hofseite | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                    |                      | Gesamtfläche (m²)    | 375,20 |

| Bauteiltabelle |             |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | EPDM        | 25              | 0,06              | 100%                  | 1150              | 0,69            |
| 2              | Floatglas   | 25              | 0,60              | 58,74%                | 2500              | 8,81            |
| 3              | SZR         | 25              | 1,00              | 58,74%                | 0                 | 0,00            |
| 4              | Floatglas   | 25              | 0,60              | 58,74%                | 2500              | 8,81            |
| 5              | Aluminium   | 50              | 0,93037           | 41,3%                 | 2700              | 10,37           |
| 6              | PVC-Kleber  | 25              | 0,0023            | 100%                  | 1300              | 0,03            |
| <b>Summe:</b>  |             |                 |                   |                       |                   | 28,72           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 146,7                             | 9,68E-06             | 0,066  | 0,68                             | 0,038                            | 2393,7        | 514,5       | 1879,2       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,6                              | 4,49E-06             | 0,033  | 0,37                             | 0,043                            | 1148,2        | 153,8       | 994,5        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |         |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
| Erstellung  | 153,5% | 215,4%  | 197,3%  | 184,6%  | 89,0%  | 208,5%  | 334,6%  | 189,0%  |
| Nutzung   | 31,5%  | 15,8%   | 24,8%   | 35,1%   | 45,3%  | 22,2%   | 2,3%    | 25,3%   |
| Entsorgung  | -85,0% | -131,2% | -122,1% | -119,7% | -34,3% | -130,7% | -236,9% | -114,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.2.2 FF2 Fenster Straßenseite

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF2 Fenster Straßenseite“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                          |                      |        |
|--------------|--------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 6                        | Anzahl Schichten     | 6      |
| Bauteilname: | FF2 Fenster Straßenseite | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                          | Gesamtfläche (m²)    | 379,20 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | EPDM        | 25              | 0,06              | 100%                  | 1150              | 0,69            |
| 2             | Floatglas   | 25              | 0,60              | 58,74%                | 2500              | 8,81            |
| 3             | SZR         | 25              | 1,00              | 58,74%                | 0                 | 0,00            |
| 4             | Floatglas   | 25              | 0,90              | 58,74%                | 2500              | 13,22           |
| 5             | Aluminium   | 50              | 0,93037           | 41,3%                 | 2700              | 10,37           |
| 6             | PVC-Kleber  | 25              | 0,0023            | 100%                  | 1300              | 0,03            |
| <b>Summe:</b> |             |                 |                   |                       |                   | 33,12           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 151,2                             | 9,89E-06             | 0,068  | 0,71                             | 0,042                            | 2471,6        | 515,5       | 1956,1       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 109,6                             | 4,82E-06             | 0,037  | 0,43                             | 0,052                            | 1250,3        | 155,3       | 1095,0       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |         |        |         |         |         |
|---|--------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP      | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |
| Erstellung  | 138,0% | 205,4%  | 182,0%  | 163,9%  | 80,6%  | 197,7%  | 331,9%  | 178,6%  |
| Nutzung   | 33,8%  | 18,0%   | 27,4%   | 37,3%   | 46,1%  | 24,5%   | 2,8%    | 27,6%   |
| Entsorgung  | -71,8% | -123,4% | -109,4% | -101,2% | -26,7% | -122,2% | -234,6% | -106,2% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.3 Sonnenschutzbauteile

#### 3.3.1 FF3 Sonnenschutz

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FF3 Sonnenschutz“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                  |                                |        |
|------------------------------------|------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                  |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 7                | Anzahl Schichten               | 1      |
| Bauteilname:                       | FF3 Sonnenschutz | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 754,40 |

| Bauteiltabelle |                                   |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Alu-Flachlamelle für Sonnenschutz | 25              | 0,15              | 100%                  | 2700                           | 4,00                         |
| <b>Summe:</b>  |                                   |                 |                   |                       |                                | 4,00                         |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 49,0  | 3,38E-06                         | 0,022  | 0,22   | 0,008  | 781,7                     | 196,7                   | 585,0                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 27,4  | 2,38E-06                         | 0,013  | 0,09   | 0,003  | 493,6                     | 113,6                   | 379,9                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |        |         |         |         |         |         |         |
|---|---------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|   | GWP     | ODP    | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee      | Ene     |
| Erstellung  | 178,7%  | 142,0% | 172,3%  | 257,9%  | 267,1%  | 158,4%  | 173,1%  | 154,0%  |
| Nutzung   | 50,0%   | 50,0%  | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   | 50,0%   |
| Entsorgung  | -128,7% | -92,0% | -122,3% | -207,9% | -217,1% | -108,4% | -123,1% | -104,0% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4 Außenwandbauteile

#### 3.4.1 AW1 Außenwand WDVS

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW1 Außenwand WDVS“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                    |                                |        |
|------------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                    |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 8                  | Anzahl Schichten               | 6      |
| Bauteilname:                       | AW1 Außenwand WDVS | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                    | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 900,00 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsfarbe    | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Putzmörtel aus Gips | 30              | 1,50              | 100%                  | 1400                           | 21,00                        |
| 3              | HLZ 2000            | 50              | 24,00             | 100%                  | 2000                           | 480,00                       |
| 4              | EPS                 | 30              | 12,00             | 100%                  | 20                             | 2,40                         |
| 5              | Kalkzementputz      | 30              | 1,00              | 100%                  | 1800                           | 18,00                        |
| 6              | Silikatfarbe        | 15              | 0,04              | 100%                  | 1300                           | 0,52                         |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 522,23                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 134,0   | 2,96E-06                         | 0,030  | 0,29   | 0,031  | 1900,3                    | 448,0                   | 1452,3                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 170,1   | 3,24E-06                         | 0,038  | 0,39   | 0,089  | 2233,0                    | 450,7                   | 1782,3                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 78,8% | 91,2% | 78,4% | 75,6% | 35,4% | 85,1% | 99,4% | 81,5% |
| Nutzung   | 9,7%  | 15,6% | 14,6% | 14,7% | 8,3%  | 14,5% | 0,8%  | 17,9% |
| Entsorgung  | 11,4% | -6,9% | 7,1%  | 9,7%  | 56,3% | 0,4%  | -0,2% | 0,6%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.2 AW2 Außenwand WDVS Riemchen

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW2 Außenwand WDVS Riemchen“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                             |                      |        |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                             |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 9                           | Anzahl Schichten     | 6      |
| Bauteilname:                       | AW2 Außenwand WDVS Riemchen | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                    |                             | Gesamtfläche (m²)    | 690,00 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Dispersionsfarbe    | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| 2              | Putzmörtel aus Gips | 30              | 1,50              | 100%                  | 1400              | 21,00           |
| 3              | HLZ 2000            | 50              | 24,00             | 100%                  | 1800              | 432,00          |
| 4              | EPS                 | 30              | 12,00             | 100%                  | 20                | 2,40            |
| 5              | Fliesenkleber       | 30              | 0,20              | 100%                  | 1900              | 3,80            |
| 6              | Klinker-Riemchen    | 30              | 1,50              | 100%                  | 1800              | 27,00           |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                   | 486,51          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 125,0                             | 2,80E-06             | 0,028  | 0,27                             | 0,030                            | 1795,9        | 404,7       | 1391,2       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 162,1                             | 3,10E-06             | 0,036  | 0,35                             | 0,087                            | 2157,5        | 407,6       | 1749,9       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 77,1% | 90,3% | 79,1% | 77,6% | 34,9% | 83,2% | 99,3% | 79,5% |
| Nutzung   | 11,6% | 16,4% | 13,9% | 12,4% | 11,4% | 16,4% | 0,9%  | 20,0% |
| Entsorgung  | 11,2% | -6,8% | 7,0%  | 10,0% | 53,7% | 0,4%  | -0,2% | 0,5%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.3 AW3 Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW3 Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |  |                                |        |
|------------------------------------|--|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |  |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 10   | Anzahl Schichten               | 7      |
| Bauteilname:                       | AW3 Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 165,00 |

| Bauteiltabelle |                         |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsfarbe        | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Innenputz Gips          | 30              | 1,50              | 100%                  | 1400                           | 21,00                        |
| 3              | Beton C20/25            | 50              | 24,00             | 98,8%                 | 2300                           | 545,38                       |
| 4              | Bewehrungsstahl BSt 420 | 50              | 24,00             | 1,2%                  | 7800                           | 22,46                        |
| 5              | Mineralfaser            | 40              | 8,50              | 100%                  | 50                             | 4,25                         |
| 6              | Luftschicht             | 40              | 2,00              | 100%                  | 0                              | 0,00                         |
| 7              | Aluminiumblech          | 40              | 0,20              | 100%                  | 2700                           | 5,40                         |
| <b>Summe:</b>  |                         |                 |                   |                       |                                | 598,80                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 135,1   | 7,72E-06                         | 0,045  | 0,43   | 0,028  | 1631,5                    | 291,4                   | 1340,1                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 130,7   | 6,69E-06                         | 0,042  | 0,34   | 0,038  | 1415,1                    | 186,4                   | 1228,7                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |       |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 103,3% | 115,4% | 107,5% | 128,6% | 74,4% | 115,3% | 156,3% | 109,1% |
| Nutzung   | 21,7%  | 28,5%  | 26,0%  | 27,1%  | 21,7% | 30,9%  | 42,1%  | 29,2%  |
| Entsorgung  | -25,0% | -43,9% | -33,5% | -55,6% | 3,9%  | -46,2% | -98,4% | -38,3% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.4.4 AW4 Außenwand Lüftungszentrale

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW4 Außenwand Lüftungszentrale“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                                |                                |        |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                                |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 11                             | Anzahl Schichten               | 4      |
| Bauteilname:                       | AW4 Außenwand Lüftungszentrale | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 153,40 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Stehfalzblech Stahl | 50              | 0,052             | 100%                  | 7800                           | 4,06                         |
| 2              | Luftschicht         | 50              | 2,00              | 100%                  | 0                              | 0,00                         |
| 3              | Blechkassetten      | 50              | 0,141             | 100%                  | 7800                           | 11,00                        |
| 4              | Stahlkonstruktion   | 50              | 0,161             | 100%                  | 7800                           | 12,56                        |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 27,61                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 48,2  | 1,85E-07                         | 0,021  | 0,13   | 0,013  | 672,2                     | 21,5                    | 650,6                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 19,5  | 1,11E-06                         | 0,006  | 0,03   | 0,003  | 285,3                     | 19,7                    | 265,6                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |       |         |         |         |         |        |         |
|---|---------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
|   | GWP     | ODP   | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee     | Ene     |
| Erstellung  | 247,6%  | 16,7% | 360,2%  | 388,8%  | 361,5%  | 235,6%  | 109,1% | 245,0%  |
| Nutzung   | 0,0%    | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%   | 0,0%    |
| Entsorgung  | -147,6% | 83,3% | -260,2% | -288,8% | -261,5% | -135,6% | -9,1%  | -145,0% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.4.5 AW5 Glasbausteinwand

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AW5 Glasbausteinwand“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                      |                                |       |
|--------------|----------------------|--------------------------------|-------|
| Bauteil-Nr.: | 12                   | Anzahl Schichten               | 3     |
| Bauteilname: | AW5 Glasbausteinwand | Betrachtungszeitraum           | 50    |
|              |                      | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 66,20 |

| Bauteiltabelle |                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Aluminiumschiene      | 50              | 0,031             | 100%                  | 2700                           | 0,84                         |
| 2              | Glasbausteine         | 50              | 10,00             | 90,25%                | 675                            | 60,92                        |
| 3              | Fugen und Randverbund | 50              | 10,00             | 9,75%                 | 2000                           | 19,50                        |
| <b>Summe:</b>  |                       |                 |                   |                       |                                | 81,26                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 76,0  | 3,68E-06                         | 0,030  | 0,43   | 0,059  | 1258,0                    | 55,8                    | 1202,2                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 71,4  | 3,19E-06                         | 0,027  | 0,40   | 0,065  | 1149,6                    | 26,4                    | 1123,3                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |       |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|-------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 106,4% | 115,3% | 111,0% | 108,0% | 90,3% | 109,4% | 211,6%  | 107,0% |
| Nutzung   | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%    | 0,0%   |
| Entsorgung  | -6,4%  | -15,3% | -11,0% | -8,0%  | 9,7%  | -9,4%  | -111,6% | -7,0%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.4.6 AWE Außenwand gegen Erdreich

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „AWE Außenwand gegen Erdreich“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                              |                                |        |
|------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                              |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 13                           | Anzahl Schichten               | 4      |
| Bauteilname:                       | AWE Außenwand gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                              | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 837,10 |

| Bauteiltabelle |                         |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsfarbe        | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Kalkzementputz          | 50              | 1,50              | 100%                  | 1800                           | 27,00                        |
| 3              | Beton C20/25            | 50              | 36,00             | 98%                   | 2300                           | 811,44                       |
| 4              | Bewehrungsstahl BSt 420 | 50              | 36,00             | 2%                    | 7800                           | 56,16                        |
| <b>Summe:</b>  |                         |                 |                   |                       |                                | 894,91                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 114,3   | 5,95E-06                         | 0,024  | 0,19   | 0,023  | 1017,8                    | 56,2                    | 961,6                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 134,9   | 6,15E-06                         | 0,035  | 0,27   | 0,040  | 1213,9                    | 65,7                    | 1148,2                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 84,8% | 96,7% | 67,9% | 71,8% | 57,1% | 83,8% | 85,5% | 83,7% |
| Nutzung   | 0,9%  | 1,6%  | 0,5%  | 1,3%  | 1,9%  | 4,4%  | 1,3%  | 4,6%  |
| Entsorgung  | 14,3% | 1,7%  | 31,6% | 27,0% | 41,0% | 11,7% | 13,1% | 11,7% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.5 Bauteile Bodenplatte

#### 3.5.1 BoPI1 Bodenplatte

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „BoPI1 Bodenplatte“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                   |                                |         |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                   |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                       | 14                | Anzahl Schichten               | 4       |
| Bauteilname:                       | BoPI1 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|                                    |                   | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1748,69 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Epoxidharz              | 20              | 0,50              | 100%                  | 1200                           | 6,00                         |
| 2             | Zementestrich           | 40              | 4,00              | 100%                  | 2000                           | 80,00                        |
| 3             | Beton C20/25            | 50              | 28,00             | 98%                   | 2300                           | 631,12                       |
| 4             | Bewehrungsstahl BSt 420 | 50              | 28,00             | 2%                    | 7800                           | 43,68                        |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                                | 760,80                       |

| <b>Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien</b> |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |  |
|---|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|--|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche               |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |  |
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |  |
| Erstellungsjahr   | 146,5   | 4,75E-06                         | 0,033  | 0,30   | 0,047  | 1609,4                    | 53,6                    | 1555,8                   |  |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                                | 288,1   | 4,80E-06                         | 0,072  | 0,68   | 0,131  | 3299,2                    | 78,7                    | 3220,5                   |  |

| <b>Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus</b> |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|  | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |  |
| Erstellung   | 50,8% | 98,9% | 46,5% | 44,9% | 35,8% | 48,8% | 68,0% | 48,3% |  |
| Nutzung  | 42,0% | 1,3%  | 40,8% | 45,3% | 49,3% | 48,9% | 24,0% | 49,5% |  |
| Entsorgung   | 7,1%  | -0,2% | 12,6% | 9,8%  | 14,9% | 2,3%  | 8,0%  | 2,2%  |  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6 Deckenbauteile

#### 3.6.1 FuD1 Decke über UG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD1 Decke über UG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                    |                                |        |
|--------------|--------------------|--------------------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 15                 | Anzahl Schichten               | 11     |
| Bauteilname: | FuD1 Decke über UG | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|              |                    | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 343,98 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Linoleum                              | 20              | 0,45              | 100%                  | 1000                           | 4,50                         |
| 2             | Kleber                                | 20              | 0,10              | 100%                  | 1300                           | 1,30                         |
| 3             | Zementestrich                         | 40              | 6,00              | 100%                  | 2000                           | 120,00                       |
| 4             | PE-Folie                              | 40              | 0,20              | 100%                  | 1000                           | 2,00                         |
| 5             | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300                           | 202,86                       |
| 6             | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800                           | 14,04                        |
| 7             | Luftschicht                           | 50              | 25,00             | 100%                  | 0                              | 0,00                         |
| 8             | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800                           | 1,01                         |
| 9             | Mineralfaser 040                      | 30              | 8,00              | 100%                  | 20                             | 1,60                         |
| 10            | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800                            | 10,00                        |
| 11            | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b> |                                       |                 |                   |                       |                                | 357,62                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 70,2  | 0,000003                         | 0,023  | 0,23   | 0,034  | 841,8                     | 74,1                    | 792,3                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 134,5   | 0,000005                         | 0,047  | 0,50   | 0,101  | 1563,1                    | 182,6                   | 1277,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,2% | 63,6% | 47,7% | 46,6% | 33,6% | 53,9% | 40,6% | 62,0% |
| Nutzung   | 38,6% | 37,9% | 45,9% | 47,3% | 49,7% | 43,5% | 58,6% | 39,5% |
| Entsorgung  | 9,2%  | -1,5% | 6,5%  | 6,1%  | 16,7% | 2,6%  | 0,8%  | -1,5% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.6.2 FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |  |                                |        |
|------------------------------------|--|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |  |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 16                                     | Anzahl Schichten               | 10     |
| Bauteilname:                       | FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |  | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 116,96 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | XPS                                   | 30              | 5,00              | 100%                  | 30                             | 1,50                         |
| 2              | Alukaschierung                        | 30              | 0,10              | 100%                  | 2700                           | 2,70                         |
| 3              | Bitumendichtungsbahn                  | 30              | 0,40              | 100%                  | 1200                           | 4,80                         |
| 4              | Stahlkonstruktion                     | 50              | 0,388             | 100%                  | 7800                           | 30,26                        |
| 5              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300                           | 202,86                       |
| 6              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800                           | 14,04                        |
| 7              | Luftschicht                           | 50              | 21,00             | 100%                  | 0                              | 0,00                         |
| 8              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800                           | 1,01                         |
| 9              | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800                            | 10,00                        |
| 10             | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                                | 267,49                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 124,7   | 4,27E-06                         | 0,047  | 0,68   | 0,027  | 1950,0                    | 182,6                   | 1767,4                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 95,0  | 5,01E-06                         | 0,028  | 0,84   | 0,022  | 1794,3                    | 138,5                   | 1655,8                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 131,3% | 85,3% | 165,9% | 81,4%  | 124,9% | 108,7% | 131,9% | 106,7% |
| Nutzung   | 21,9%  | 23,2% | 23,2%  | 43,9%  | 21,3%  | 34,4%  | 36,3%  | 34,2%  |
| Entsorgung  | -53,2% | -8,5% | -89,1% | -25,3% | -46,1% | -43,0% | -68,2% | -40,9% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.6.3 FuD3 Innendecke Fliesen

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD3 Innendecke Fliesen“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                         |                                |        |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                         |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 17                      | Anzahl Schichten               | 9      |
| Bauteilname:                       | FuD3 Innendecke Fliesen | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                         | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 529,52 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Fliesen                               | 40              | 1,00              | 100%                  | 2000                           | 20,00                        |
| 2              | Fliesenkleber                         | 40              | 0,20              | 100%                  | 1900                           | 3,80                         |
| 3              | Anhydritestrich                       | 40              | 4,00              | 100%                  | 2100                           | 84,00                        |
| 4              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300                           | 202,86                       |
| 5              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800                           | 14,04                        |
| 6              | Luftschicht                           | 50              | 21,00             | 100%                  | 0                              | 0,00                         |
| 7              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800                           | 1,01                         |
| 8              | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800                            | 10,00                        |
| 9              | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                                | 336,02                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 35,0  | 1,86E-06                         | 0,009  | 0,07   | 0,009  | 392,4                     | 21,5                    | 370,9                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 53,2  | 2,28E-06                         | 0,014  | 0,13   | 0,038  | 589,2                     | 30,6                    | 558,6                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 65,7% | 81,4% | 61,1% | 57,9% | 23,9% | 66,6% | 70,3% | 66,4% |
| Nutzung   | 19,9% | 17,8% | 19,5% | 24,6% | 38,6% | 28,9% | 23,5% | 29,2% |
| Entsorgung  | 14,4% | 0,8%  | 19,4% | 17,5% | 37,5% | 4,5%  | 6,2%  | 4,4%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6.4 FuD4 Innendecke Linoleum

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD4 Innendecke Linoleum“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 18                       | Anzahl Schichten     | 9       |
| Bauteilname: | FuD4 Innendecke Linoleum | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamtfläche (m²)    | 3321,48 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Linoleum                              | 20              | 0,45              | 100%                  | 1000              | 4,50            |
| 2              | Kleber                                | 20              | 0,10              | 100%                  | 1300              | 1,30            |
| 3              | Anhydritestrich                       | 40              | 4,00              | 100%                  | 2100              | 84,00           |
| 4              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300              | 202,86          |
| 5              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800              | 14,04           |
| 6              | Luftschicht                           | 50              | 21,00             | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 7              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800              | 1,01            |
| 8              | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800               | 10,00           |
| 9              | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                   | 318,02          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 33,3                              | 0,000002             | 0,013  | 0,11                             | 0,017                            | 461,8         | 70,2        | 416,2        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 56,5                              | 0,000004             | 0,027  | 0,24                             | 0,061                            | 906,7         | 177,0       | 670,6        |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 59,0% | 64,1% | 46,4% | 44,0% | 28,3% | 50,9% | 39,7% | 62,1% |
| Nutzung   | 25,1% | 36,4% | 43,5% | 45,9% | 50,8% | 44,7% | 59,4% | 37,9% |
| Entsorgung  | 15,9% | -0,5% | 10,1% | 10,1% | 20,9% | 4,4%  | 1,0%  | 0,1%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.6.5 FuD5 Decke über UG

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuD5 Decke über UG“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                    |                                |        |
|--------------|--------------------|--------------------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 19                 | Anzahl Schichten               | 4      |
| Bauteilname: | FuD5 Decke über UG | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|              |                    | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 595,25 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1             | Epoxidharz              | 20              | 0,50              | 100%                  | 1200                           | 6,00                         |
| 2             | Zementestrich           | 40              | 4,00              | 100%                  | 2000                           | 80,00                        |
| 3             | Beton C20/25            | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300                           | 202,86                       |
| 4             | Bewehrungsstahl BSt 420 | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800                           | 14,04                        |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                                | 302,90                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 90,3  | 1,70E-06                         | 0,021  | 0,21   | 0,035  | 1115,8                    | 24,4                    | 1091,4                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 222,3   | 1,69E-06                         | 0,054  | 0,54   | 0,112  | 2731,0                    | 44,9                    | 2686,0                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 40,6% | 100,4% | 39,6% | 38,1% | 31,6% | 40,9% | 54,2% | 40,6% |
| Nutzung   | 54,5% | 3,7%   | 54,3% | 56,5% | 57,6% | 59,1% | 42,0% | 59,3% |
| Entsorgung  | 4,9%  | -4,2%  | 6,1%  | 5,4%  | 10,8% | 0,1%  | 3,8%  | 0,0%  |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.7 Innenwandbauteile

#### 3.7.1 FuW1 Innenwand

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW1 Innenwand“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                |                                |         |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------|---------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                |                                |         |
| Bauteil-Nr.:                       | 20             | Anzahl Schichten               | 5       |
| Bauteilname:                       | FuW1 Innenwand | Betrachtungszeitraum           | 50      |
|                                    |                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 1863,24 |

| Bauteiltabelle |                     |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Dispersionsfarbe    | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| 2              | Putzmörtel aus Gips | 30              | 1,50              | 100%                  | 1400                           | 21,00                        |
| 3              | Beton-Mauerstein    | 50              | 24,00             | 100%                  | 1200                           | 288,00                       |
| 4              | Putzmörtel aus Gips | 30              | 1,50              | 100%                  | 1400                           | 21,00                        |
| 5              | Dispersionsfarbe    | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550                           | 0,31                         |
| <b>Summe:</b>  |                     |                 |                   |                       |                                | 330,62                       |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 92,4  | 3,40E-06                         | 0,047  | 0,57   | 0,028  | 1431,7                    | 107,3                   | 1324,4                   |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 109,2   | 3,60E-06                         | 0,049  | 0,60   | 0,065  | 1576,6                    | 109,1                   | 1467,5                   |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 84,7% | 94,3% | 95,0% | 94,2% | 42,8% | 90,8% | 98,3% | 90,2% |
| Nutzung   | 4,8%  | 9,2%  | 1,6%  | 2,1%  | 9,0%  | 8,2%  | 2,2%  | 8,7%  |
| Entsorgung  | 10,5% | -3,5% | 3,4%  | 3,7%  | 48,3% | 1,0%  | -0,5% | 1,1%  |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial



### 3.7.2 FuW2 Gipskartonständerwand

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW2 Gipskartonständerwand“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                            |                      |         |
|--------------|----------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 21.0                       | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname: | FuW2 Gipskartonständerwand | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                            | Gesamtfläche (m²)    | 2503,66 |

**Bauteiltabelle**

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung      | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsfarbe | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| 2             | Gipskartonplatte | 30              | 2,50              | 100%                  | 800               | 20,00           |
| 3             | Metallständer    | 50              | 5,00              | 100%                  | 22                | 1,10            |
| 4             | Mineralwolle     | 30              | 4,00              | 100%                  | 50                | 2,00            |
| 5             | Gipskartonplatte | 30              | 2,50              | 100%                  | 800               | 20,00           |
| 6             | Dispersionsfarbe | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b> |                  |                 |                   |                       |                   | 43,72           |

**Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien**

bezogen auf 1m² Bauteilfläche

|                          | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| Erstellungsjahr          | 15,2                              | 7,65E-07             | 0,004  | 0,04                             | 0,005                            | 261,5         | 23,3        | 238,1        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre | 28,9                              | 1,68E-06             | 0,005  | 0,07                             | 0,017                            | 491,4         | 45,5        | 445,9        |

**Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus**

|            | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
|------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Erstellung | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung    | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 55,2% |
| Entsorgung | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz                         | EP: Eutrophierungspotenzial    |
| Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen | GWP: Treibhauspotenzial        |
| Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen        | ODP: Ozonschichtabbaupotenzial |
| AP: Versauerungspotenzial                                | POCP: Ozonbildungspotenzial    |

### 3.8 Türelemente

#### 3.8.1 FuW4 Holztüren

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW4 Holztüren“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                |                                |        |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                |                                |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 21.1           | Anzahl Schichten               | 1      |
| Bauteilname:                       | FuW4 Holztüren | Betrachtungszeitraum           | 50     |
|                                    |                | Gesamtfläche (m <sup>2</sup> ) | 225,04 |

| Bauteiltabelle |                 |                 |                   |                       |                                |                              |
|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg/m <sup>2</sup> ] |
| 1              | Innentüren Holz | 50              | 4,50              | 100%                  | 450                            | 20,25                        |
| <b>Summe:</b>  |                 |                 |                   |                       |                                | 20,25                        |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|--|---|----------------------------------|--|--|--|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| bezogen auf 1m <sup>2</sup> Bauteilfläche        |   |                                  |  |  |  |                           |                         |                          |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | ODP<br>kgR11-Äqu./m <sup>2</sup> | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m <sup>2</sup> | Eges<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ee<br>MJ/m <sup>2</sup> | Ene<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| Erstellungsjahr                                  | 24,8  | 2,46E-06                         | 0,006  | 0,04   | 0,005  | 624,6                     | 236,0                   | 388,6                    |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 36,4  | 2,23E-06                         | 0,006  | 0,07   | 0,008  | 501,2                     | 234,9                   | 266,3                    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |        |        |        |
|---|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|   | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges   | Ee     | Ene    |
| Erstellung  | 68,2% | 110,3% | 90,6% | 68,9% | 60,8% | 124,6% | 100,5% | 145,9% |
| Nutzung   | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%  | 0,0%   | 0,0%   | 0,0%   |
| Entsorgung  | 31,8% | -10,3% | 9,4%  | 31,1% | 39,2% | -24,6% | -0,5%  | -45,9% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.9 Stützenbauteile

#### 3.9.1 FuW3 Betonstütze

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „FuW3 Betonstütze“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |   |                      |        |
|------------------------------------|---|----------------------|--------|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |   |                      |        |
| Bauteil-Nr.:                       | 22  | Anzahl Schichten     | 3      |
| Bauteilname:                       | FuW3 Betonstütze  | Betrachtungszeitraum | 50     |
|                                    | Rechteckstütze mit den quadratischen Abmessungen 0,36x0,36m | Gesamtlänge (lfm)    | 626,25 |

| Bauteiltabelle |                         |                 |                  |                 |                   |                  |
|----------------|-------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schicht [m³/lfm] | Schichtanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/lfm] |
| 1              | Dispersionsfarbe        | 15              | 0,00029          | 100%            | 1550              | 0,45             |
| 2              | Beton C20/25            | 50              | 0,1296           | 98,8%           | 2300              | 294,50           |
| 3              | Bewehrungsstahl BSt 220 | 50              | 0,1296           | 1,2%            | 7800              | 12,13            |
| <b>Summe:</b>  |                         |                 |                  |                 |                   | 307,08           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|--|------------------------------------|-----------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------|--------------|---------------|
| bezogen auf 1lfm Bauteillänge                    |                                    |                       |   |                                   |                                   |                |              |               |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | ODP<br>kgR11-Äqu./lfm | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./lfm | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./lfm | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./lfm | Eges<br>MJ/lfm | Ee<br>MJ/lfm | Ene<br>MJ/lfm |
| Erstellungsjahr                                  | 34,6                               | 1,60E-06              | 0,007   | 0,06                              | 0,008                             | 286,7          | 13,5         | 273,2         |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 42,8                               | 1,79E-06              | 0,011   | 0,09                              | 0,013                             | 415,3          | 17,9         | 397,4         |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 80,9% | 89,3% | 62,8% | 67,1% | 59,1% | 69,0% | 75,2% | 68,7% |
| Nutzung   | 4,2%  | 8,2%  | 2,3%  | 5,4%  | 8,4%  | 18,7% | 7,2%  | 19,2% |
| Entsorgung  | 14,9% | 2,5%  | 34,9% | 27,5% | 32,5% | 12,3% | 17,7% | 12,0% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

### 3.10 Schlosserarbeiten

#### 3.10.1 SA Schlosserarbeiten

Die folgende Tabelle enthält eine Zusammenstellung der Aufbauten und ökologischen Wirkungen des Bauteils „SA Schlosserarbeiten“. Die Werte sind geordnet nach den berücksichtigten Wirkungskategorien getrennt für das Erstellungsjahr und den Lebenszyklus von 50 Jahren dargestellt.

|                                    |                      |                      |    |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|----|
| <b>Gebäude:</b> "DVA-Neckarstraße" |                      |                      |    |
| Bauteil-Nr.:                       | 23                   | Anzahl Schichten     | 2  |
| Bauteilname:                       | SA Schlosserarbeiten | Betrachtungszeitraum | 50 |
|                                    |                      | Gesamtanzahl         | 1  |

| Bauteiltabelle |             |                 |                   |                       |                                |              |
|----------------|-------------|-----------------|-------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ] | Gewicht [kg] |
| 1              | Stahl       | 50              |                   | 100                   | 7800                           | 16266,22     |
| 2              | Edelstahl   | 50              |                   | 100                   | 7800                           | 743,28       |
| <b>Summe:</b>  |             |                 |                   |                       |                                | 17009,50     |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| bezogen auf Schlosserarbeiten gesamt             |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu. | ODP<br>kgR11-Äqu. | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu. | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu. | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu. | Eges<br>MJ | Ee<br>MJ | Ene<br>MJ |
| Erstellungsjahr                                  | 28923,1                        | 1,61E-04          | 12,542  | 79,12                         | 7,472                         | 403539,7   | 13332,7  | 390207,0  |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 11216,2                        | 7,29E-04          | 3,170   | 18,29                         | 1,866                         | 165219,6   | 12227,1  | 152992,5  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |         |       |         |         |         |         |        |         |
|---|---------|-------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|
|   | GWP     | ODP   | POCP    | AP      | EP      | Eges    | Ee     | Ene     |
| Erstellung  | 257,9%  | 22,1% | 395,7%  | 432,6%  | 400,5%  | 244,2%  | 109,0% | 255,0%  |
| Nutzung   | 0,0%    | 0,0%  | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%    | 0,0%   | 0,0%    |
| Entsorgung  | -157,9% | 77,9% | -295,7% | -332,6% | -300,5% | -144,2% | -9,0%  | -155,0% |

Eges: Gesamtprimärenergieeinsatz

EP: Eutrophierungspotenzial

Ene: Primärenergieeinsatz aus nicht erneuerbaren Quellen

GWP: Treibhauspotenzial

Ee: Primärenergieeinsatz aus erneuerbaren Quellen

ODP: Ozonschichtabbaupotenzial

AP: Versauerungspotenzial

POCP: Ozonbildungspotenzial

#### **4 Literaturverzeichnis**

- [1] DIN EN ISO 14040:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [2] DIN EN ISO 14044:2006-10: DIN Deutsches Institut für Normung e.V.: Umweltmanagement - Ökobilanz - Grundsätze und Rahmenbedingungen. Beuth Verlag. Berlin, 2006.
- [3] Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (Hrsg.). Leitfaden Nachhaltiges Bauen. Berlin, 2001

## 5 Bauteilflächen des Gebäudes DVA

Die nachfolgende Abbildung erhält eine Darstellung der Bauteilflächen des Gebäudes DVA-Neckarstraße.

| Nr.  | Bauteilname                              | Mengen   | Einheit        |
|------|--|----------|----------------|
| 01   | FD1 Flachdach Kies                       | 791,65   | m <sup>2</sup> |
| 02   | FD2 Flachdach Lüftungszentrale           | 116,96   | m <sup>2</sup> |
| 03   | FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite    | 121,38   | m <sup>2</sup> |
| 04   | FD4 Flachdach Anbau EG                   | 398,60   | m <sup>2</sup> |
| 05   | FF1 Fenster Hofseite                     | 375,20   | m <sup>2</sup> |
| 06   | FF2 Fenster Straßenseite                 | 379,20   | m <sup>2</sup> |
| 07   | FF3 Sonnenschutz                         | 754,40   | m <sup>2</sup> |
| 08   | AW1 Außenwand WDVS                       | 900,00   | m <sup>2</sup> |
| 09   | AW2 Außenwand WDVS Riemchen              | 690,00   | m <sup>2</sup> |
| 10   | AW3 Außenwand hinterlüfteter Verkleidung | 165,00   | m <sup>2</sup> |
| 11   | AW4 Außenwand Lüftungszentrale           | 153,40   | m <sup>2</sup> |
| 12   | AW5 Glasbausteinwand                     | 66,20    | m <sup>2</sup> |
| 13   | AWE Außenwand gegen Erdreich             | 837,10   | m <sup>2</sup> |
| 14   | BoPI1 Bodenplatte                        | 1748,69  | m <sup>2</sup> |
| 15   | FuD1 Decke über UG                       | 343,98   | m <sup>2</sup> |
| 16   | FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale   | 116,96   | m <sup>2</sup> |
| 17   | FuD3 Innendecke Fliesen                  | 529,52   | m <sup>2</sup> |
| 18   | FuD4 Innendecke Linoleum                 | 3321,48  | m <sup>2</sup> |
| 19   | FuD5 Decke über UG                       | 595,25   | m <sup>2</sup> |
| 20   | FuW1 Innenwand                           | 1863,24  | m <sup>2</sup> |
| 21.0 | FuW2 Gipskartonständerwand               | 2503,66  | m <sup>2</sup> |
| 21.1 | FuW4 Holztüren                           | 225,04   | m <sup>2</sup> |
| 22   | FuW3 Betonstütze                         | 626,25   | lfdm           |
| 23   | SA Schlosserarbeiten                     | 17009,49 | kg             |

Abbildung 17 Bauteilflächen des Gebäudes DVA-Neckarstraße

**Anlage 2: DVA – Ökologische Bilanzierung- Spezialbauteile**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

Inhaltsverzeichnis

| Gebäude    | Bauteilname  | Seite |
|------------|--|-------|
| Z-Zwo      | <b>ABL 2</b> Decke über TG, Keller                 | 1     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Brüstung (Beton + vorgeh. Metallfass.) | 2     |
| Z-Zwo      | <b>BoPL</b> Bodenplatte                            | 3     |
| Z-Zwo      | <b>FD 1</b> Flachdach (begrünt)                    | 4     |
| Z-Zwo      | <b>FF 2</b> Fensterband (OG)                       | 5     |
| Z-Zwo      | <b>FuW 2</b> Gika Wand                             | 6     |
| Z-Zwo      | <b>Fu W 4</b> Strähle Wand 2000                    | 7     |
| Z-Zwo      | <b>AW 1</b> Außenwand WDVS                         | 8     |
| DVA        | <b>Fu D 1</b> Decke über UG                        | 9     |
| DVA        | <b>Fu D 4</b> Innendecke mit Linoleumbelag         | 10    |
| Züblinhaus | <b>FF</b> Fensterband Holz                         | 11    |
| Züblinhaus | <b>FuD 4</b> Innendecke mit Teppichboden           | 12    |

Anlage enthält **12** Seiten



















**Gebäude:** "DVA-Neckarstraße"

|              |                    |                      |        |
|--------------|--------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 15                 | Anzahl Schichten     | 11     |
| Bauteilname: | FuD1 Decke über UG | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                    | Gesamtfläche (m²)    | 343,98 |

| Bauteiltabelle |                                       |                 |                   |                       |                   |                 |
|----------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Schicht-Nr.    | Bezeichnung                           | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
| 1              | Linoleum                              | 20              | 0,45              | 100%                  | 1000              | 4,50            |
| 2              | Kleber                                | 20              | 0,10              | 100%                  | 1300              | 1,30            |
| 3              | Zementestrich                         | 40              | 6,00              | 100%                  | 2000              | 120,00          |
| 4              | PE-Folie                              | 40              | 0,20              | 100%                  | 1000              | 2,00            |
| 5              | Beton C20/25                          | 50              | 9,00              | 98%                   | 2300              | 202,86          |
| 6              | Bewehrungsstahl BSt 420               | 50              | 9,00              | 2%                    | 7800              | 14,04           |
| 7              | Luftschicht                           | 50              | 25,00             | 100%                  | 0                 | 0,00            |
| 8              | Unterkonstruktion Stahlblech verzinkt | 50              | 0,013             | 100%                  | 7800              | 1,01            |
| 9              | Mineralfaser 040                      | 30              | 8,00              | 100%                  | 20                | 1,60            |
| 10             | Gipskartonplatten                     | 30              | 1,25              | 100%                  | 800               | 10,00           |
| 11             | Dispersionsfarbe                      | 15              | 0,02              | 100%                  | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b>  |                                       |                 |                   |                       |                   | 357,62          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 70,2                              | 0,000003             | 0,023  | 0,23                             | 0,034                            | 841,8         | 74,1        | 792,3        |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 134,5                             | 0,000005             | 0,047  | 0,50                             | 0,101                            | 1563,1        | 182,6       | 1277,5       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,2% | 63,6% | 47,7% | 46,6% | 33,6% | 53,9% | 40,6% | 62,0% |
| Nutzung   | 38,6% | 37,9% | 45,9% | 47,3% | 49,7% | 43,5% | 58,6% | 39,5% |
| Entsorgung  | 9,2%  | -1,5% | 6,5%  | 6,1%  | 16,7% | 2,6%  | 0,8%  | -1,5% |









**Anlage 3:** *DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

**INHALT**

- Legende zur Kurzbezeichnung für Auswertung
- Auswertung Primärenergiebedarf<sub>,gesamt</sub> [PE<sub>Ges</sub>]
- Auswertung Treibhauspotential [GWP]
- Auswertung Ozonbildungspotential [POCP]
- Auswertung Ozonschicht- zerstörungspotential bzw. -abbaupotential [ODP]
- Auswertung Versauerungspotential [AP]
- Auswertung Eutrophierungspotential [EP]

**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

**LEGENDE zur Kurzbezeichnung für Auswertung**

|                        |  |                                |
|------------------------|--|--------------------------------|
| Ifd. Registernr. TU DA | Bauteilbezeichnung nach Bauteilkatalog | Kurzbezeichnung für Auswertung |
|------------------------|--|--------------------------------|

|      |  |        |
|------|--|--------|
| 21.1 | FuW4 Holztüren                               | Tü 1   |
| 23   | SA Schlosserarbeiten                         | SA 1   |
| 22   | FuW3 Betonstütze                             | ST 1   |
| 5    | FF1 Fenster Hofseite                         | FF 1   |
| 6    | FF2 Fenster Straßenseite                     | FF 2   |
| 7    | FF3 Sonnenschutz                             | SS 1   |
| 14   | BoPl1 Bodenplatte                            | BoPl 1 |
| 11   | AW4 Außenwand Lüftungszentrale               | WA 1   |
| 12   | AW5 Glasbausteinwand                         | WA 2   |
| 10   | AW3 Außenwand mit hinterlüfteter Verkleidung | WA 3   |
| 13   | AWE Außenwand gegen Erdreich                 | WA 4   |
| 21.0 | FuW2 Gipskartonständerwand                   | WA 5   |
| 9    | AW2 Außenwand WDVS Riemchen                  | WA 6   |
| 8    | AW1 Außenwand WDVS                           | WA 7   |
| 20   | FuW1 Innenwand                               | WA 8   |
| 2    | FD2 Flachdach Lüftungszentrale               | DE 1   |
| 16   | FuD2 Decke 4.OG gegen Lüftungszentrale       | DE 2   |
| 17   | FuD3 Innendecke Fliesen                      | DE 3   |
| 3    | FD3 Keller 01.UG gegen Rampe Hofseite        | DE 4   |
| 15   | FuD1 Decke über UG                           | DE 5   |
| 4    | FD4 Flachdach Anbau EG                       | DE 6   |
| 19   | FuD5 Decke über UG                           | DE 7   |
| 1    | FD1 Flachdach Kies                           | DE 8   |
| 18   | FuD4 Innendecke Linoleum                     | DE 9   |

**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: PE ges. - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

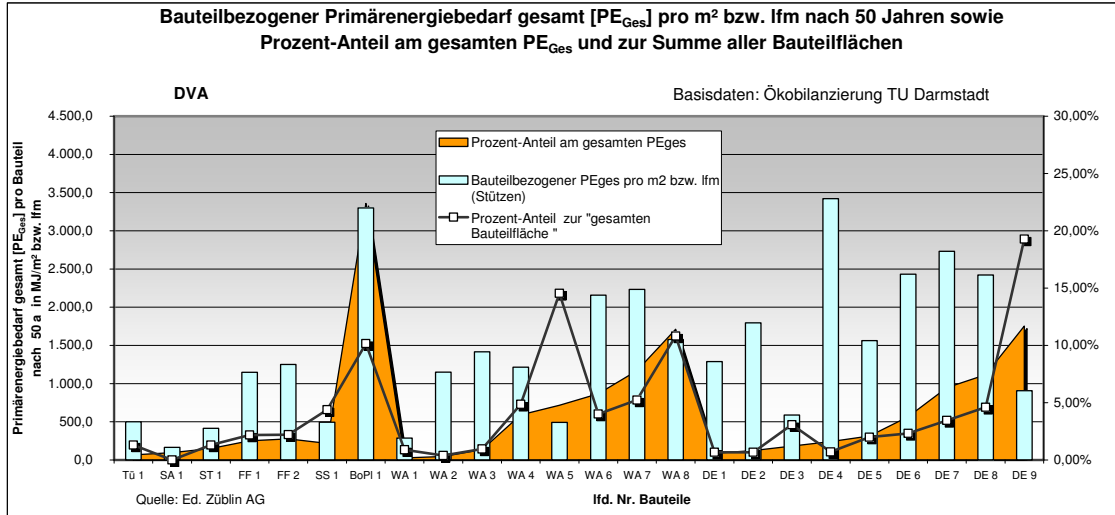


Diagramm: PE ges. - 2

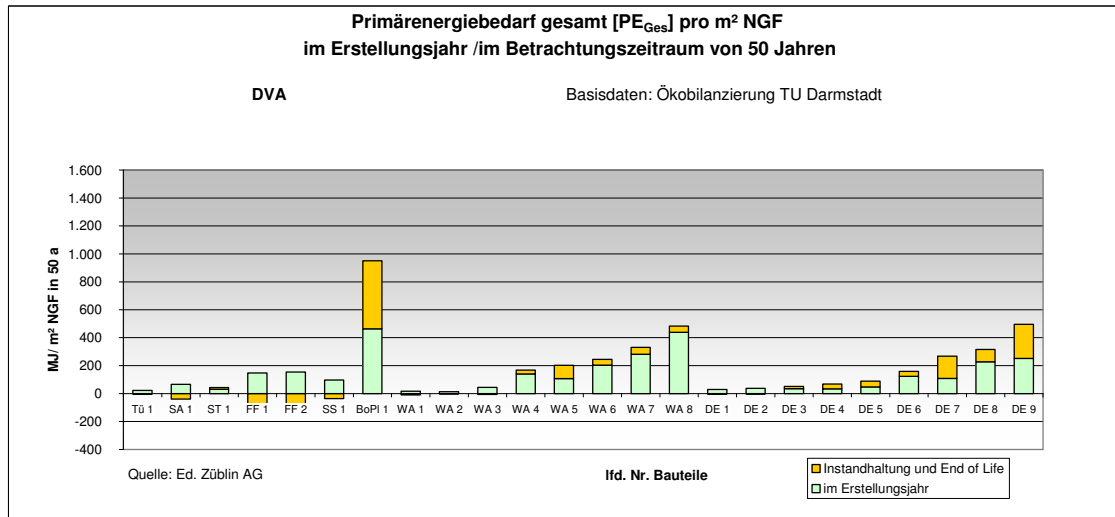
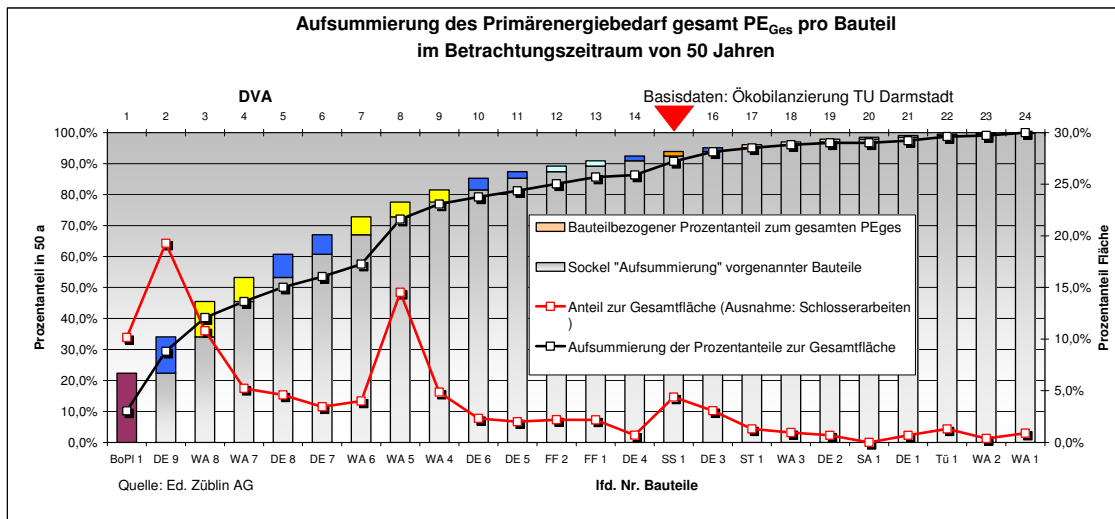
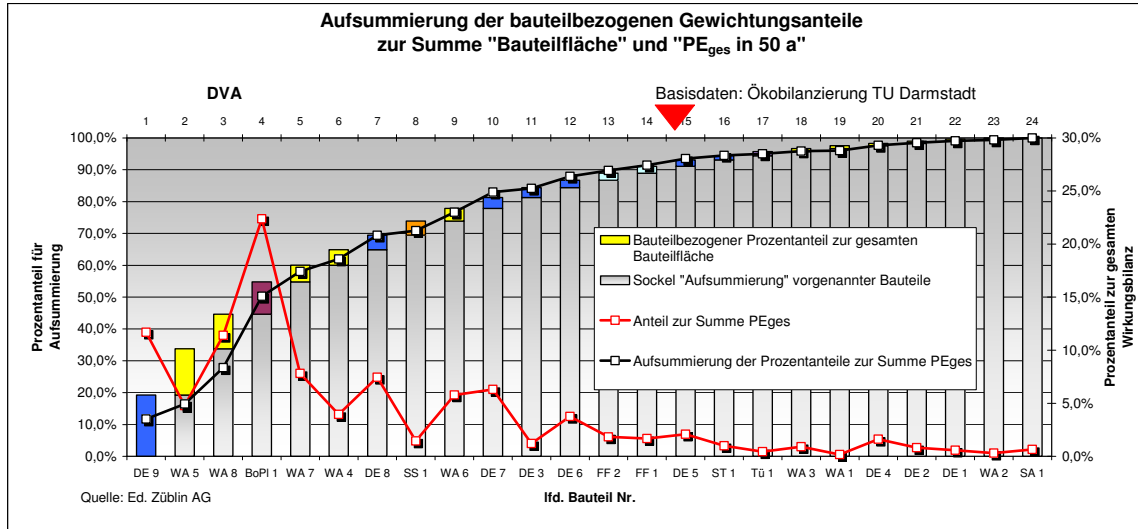


Diagramm: PE ges. - 3



Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: PE ges. - 4



**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Diagramm: GWPI - 1

Schlusserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

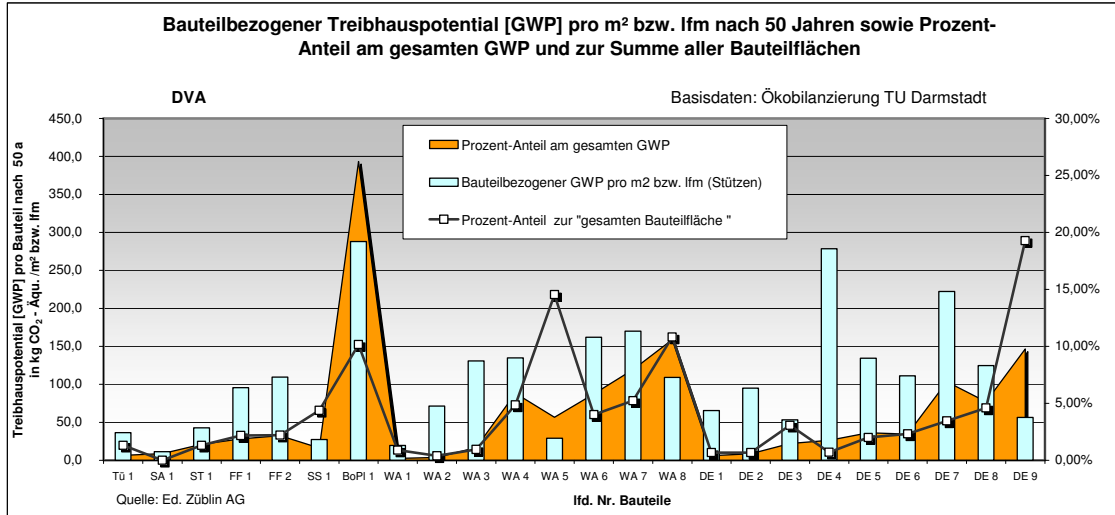


Diagramm: GWPI - 2

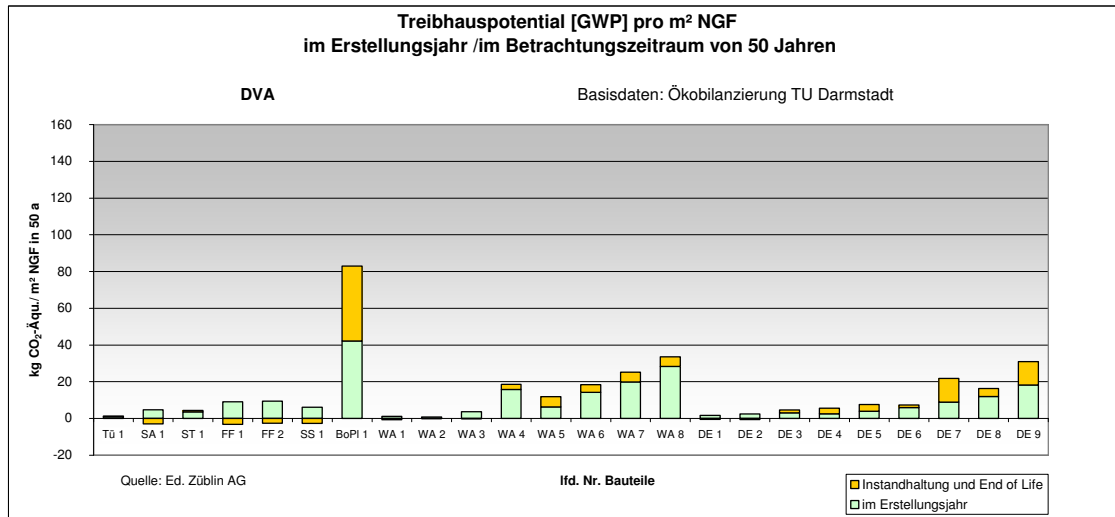
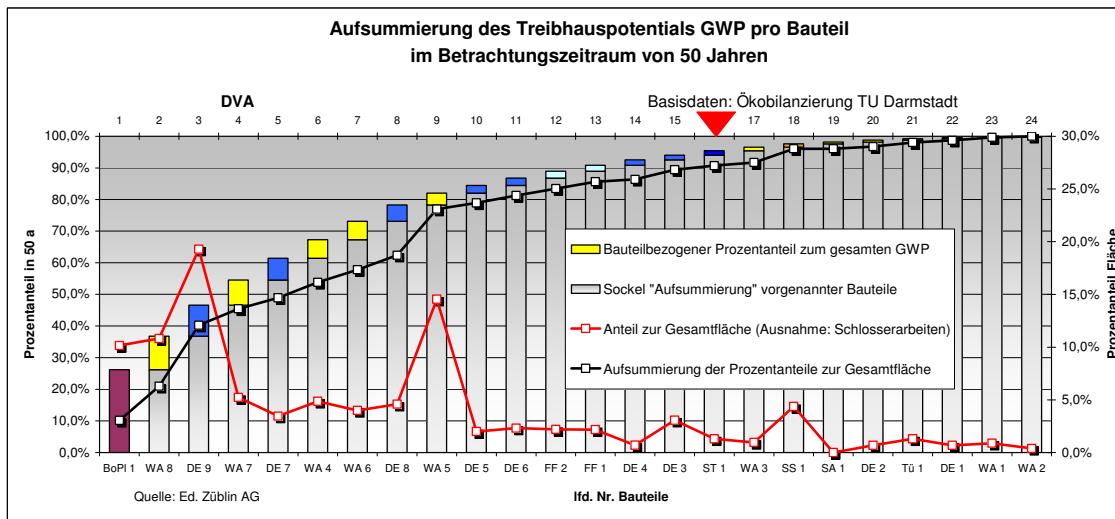


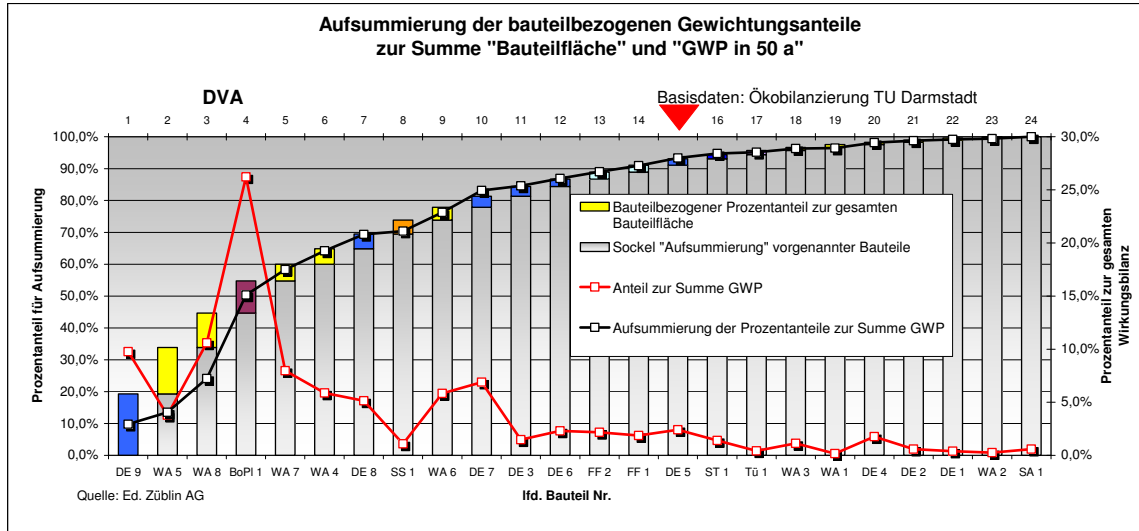
Diagramm: GWPI - 3





**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6**

Diagramm: GWPI - 4



**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Diagramm: ODPi - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

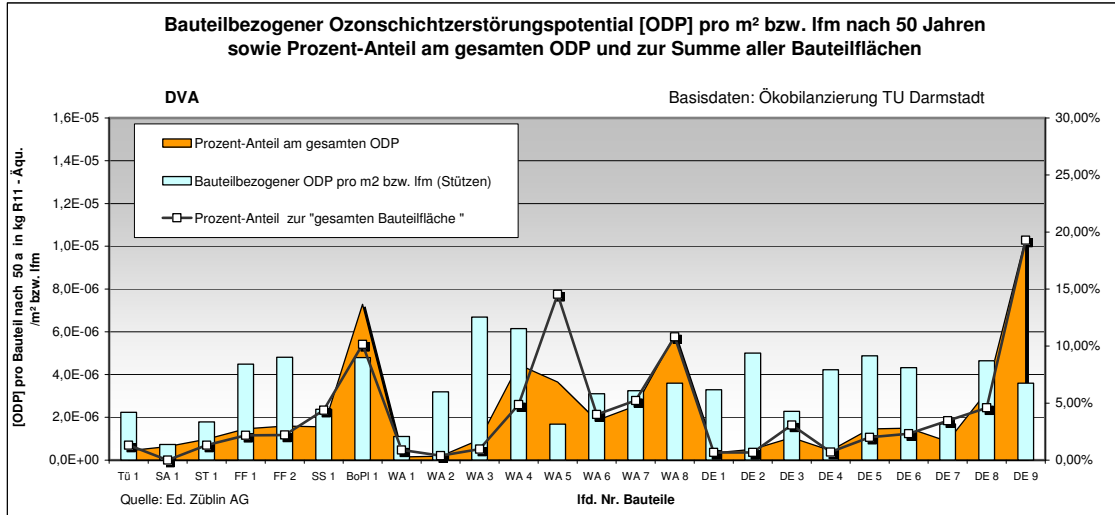


Diagramm: ODPi - 2

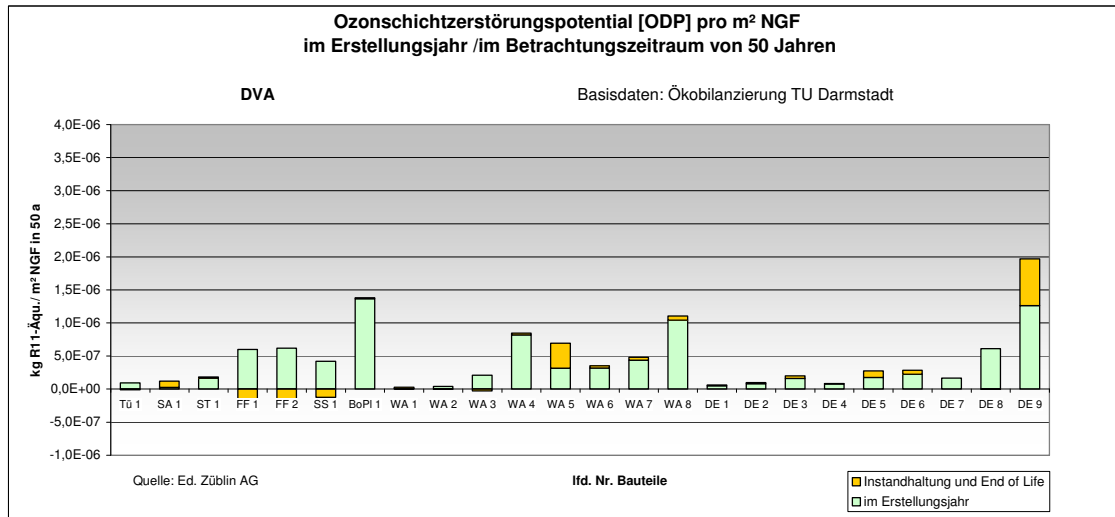
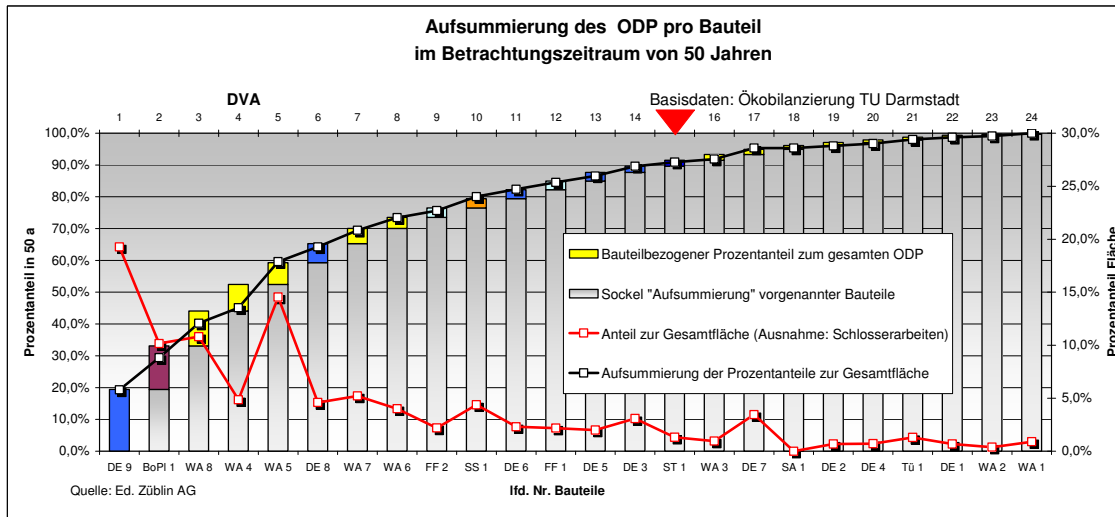
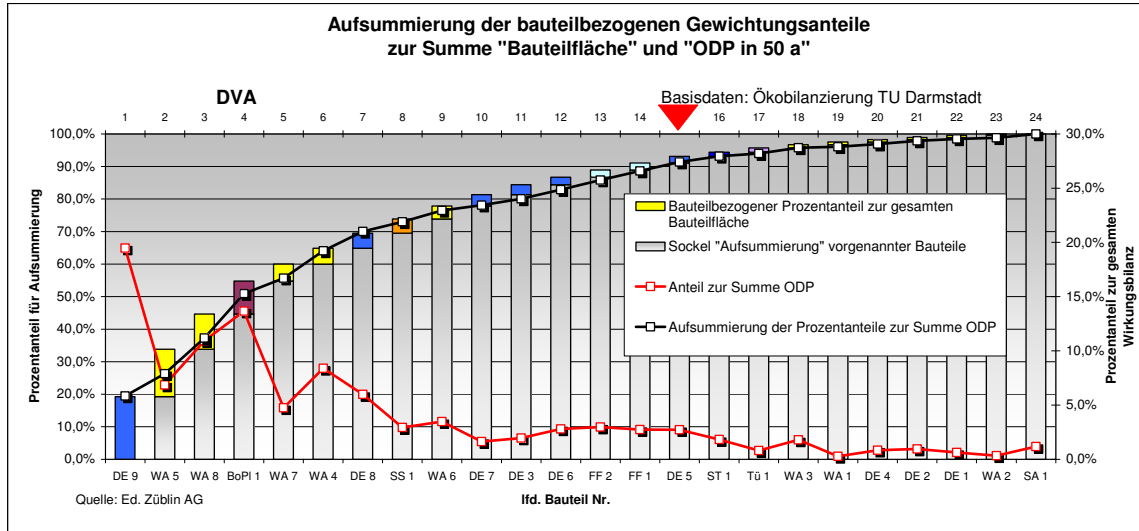


Diagramm: ODPi - 3



Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: ODPI - 4



### Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

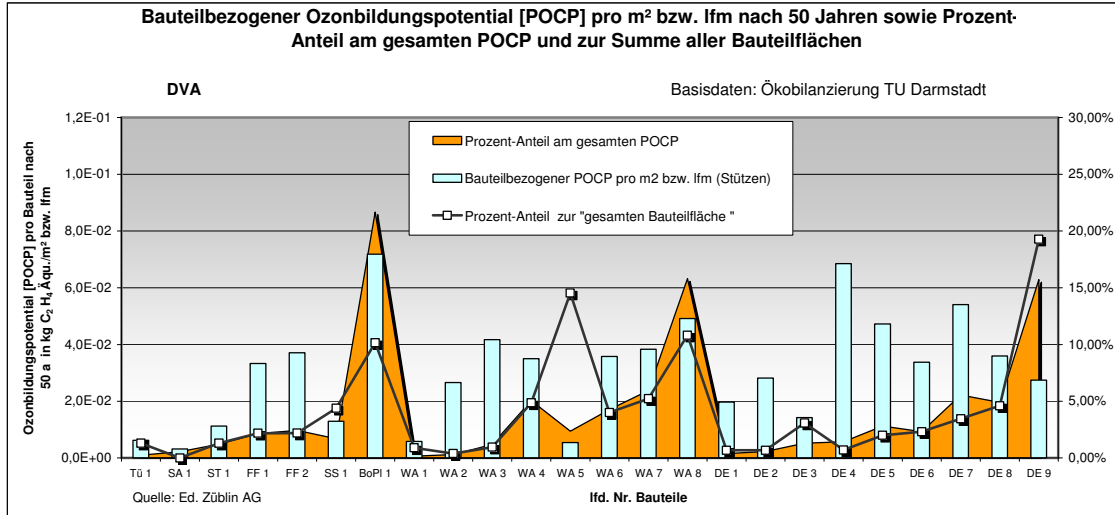


Diagramm: POCPI - 2

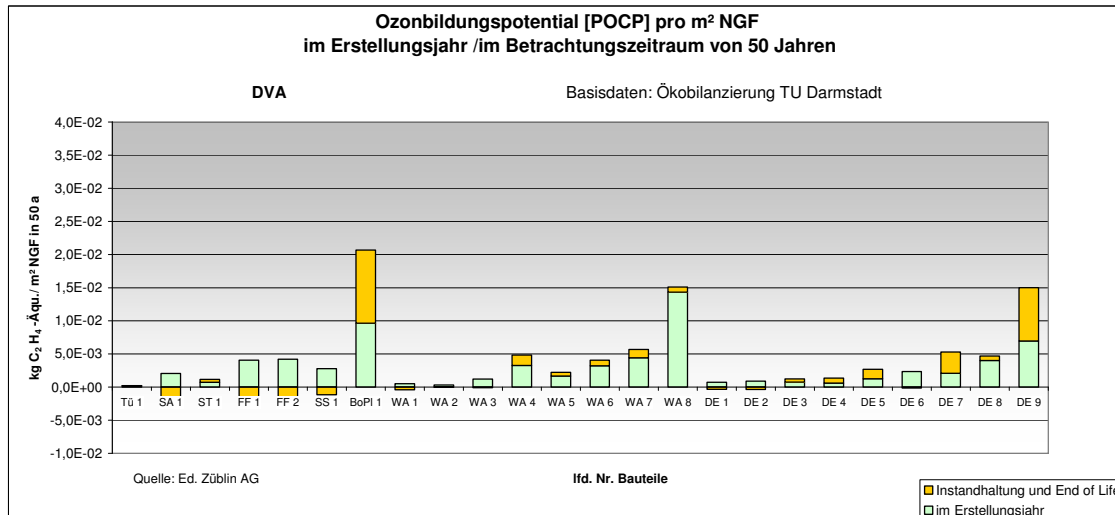
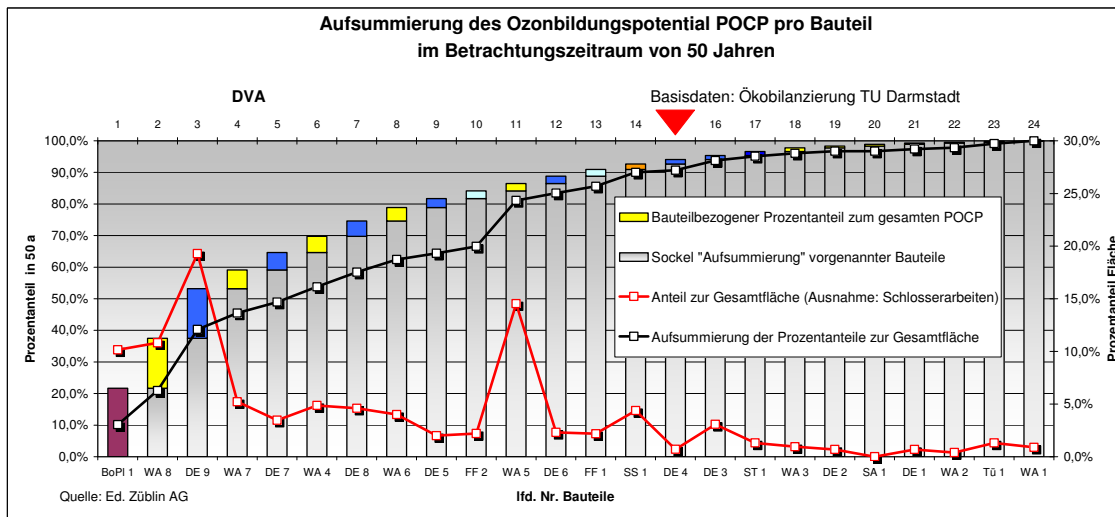
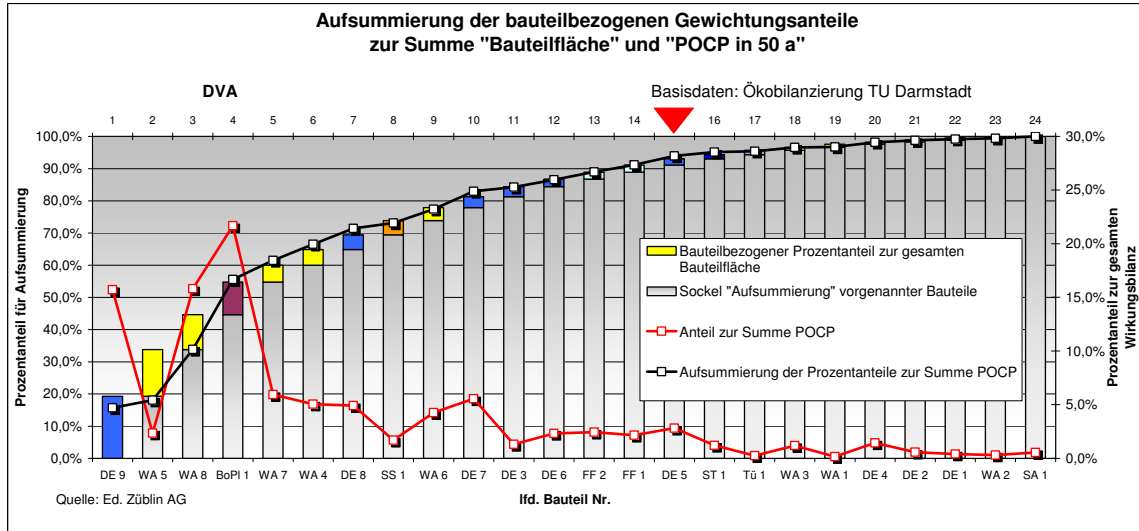


Diagramm: POCPI - 3



Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: POCPI - 4



### Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: API - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

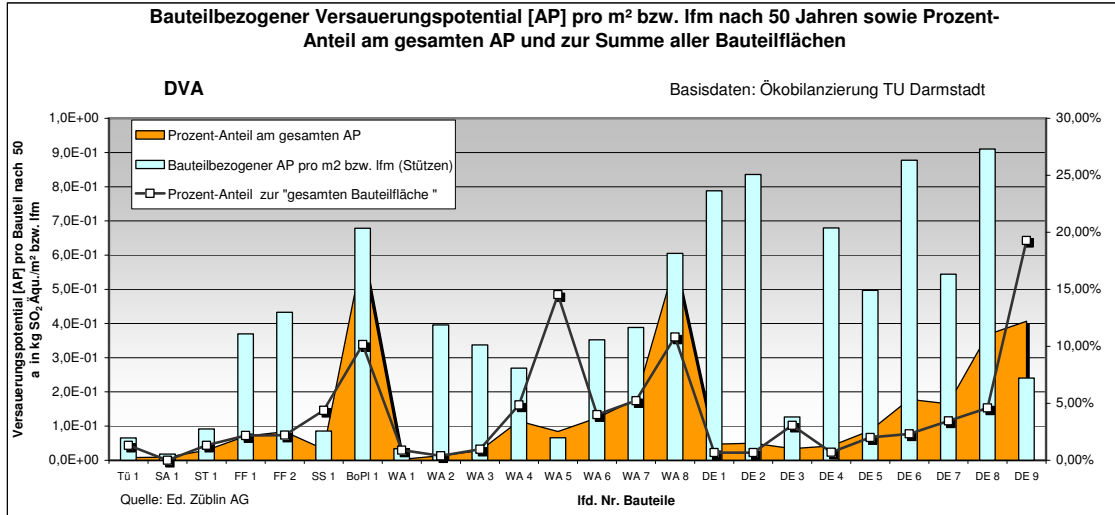


Diagramm: API - 2

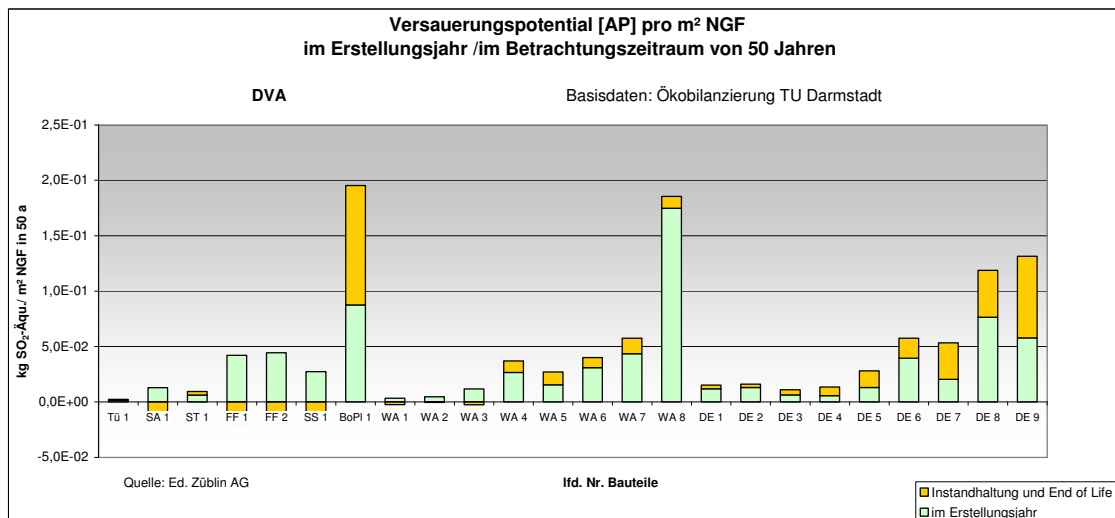
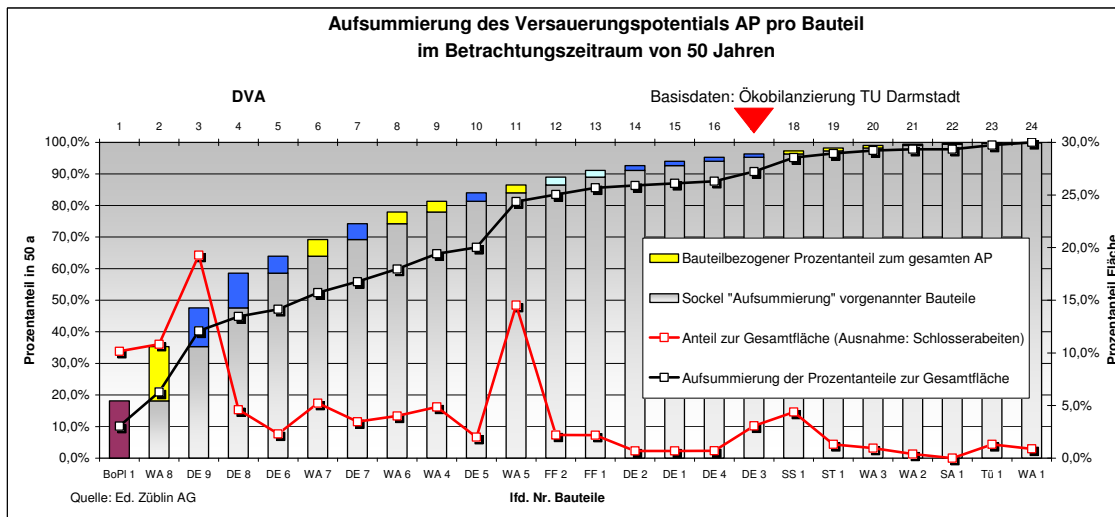
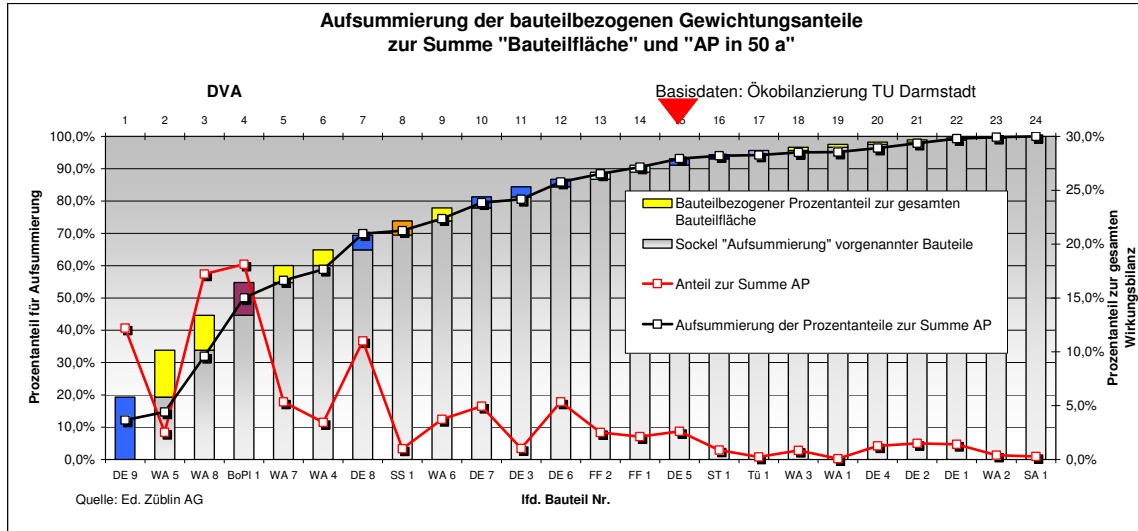


Diagramm: API - 3



### Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: APi - 4



**Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1**  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 1

Schlosserwert: 1/1000 l, da keine Bezugsfläche möglich, Stützen laufende Meter

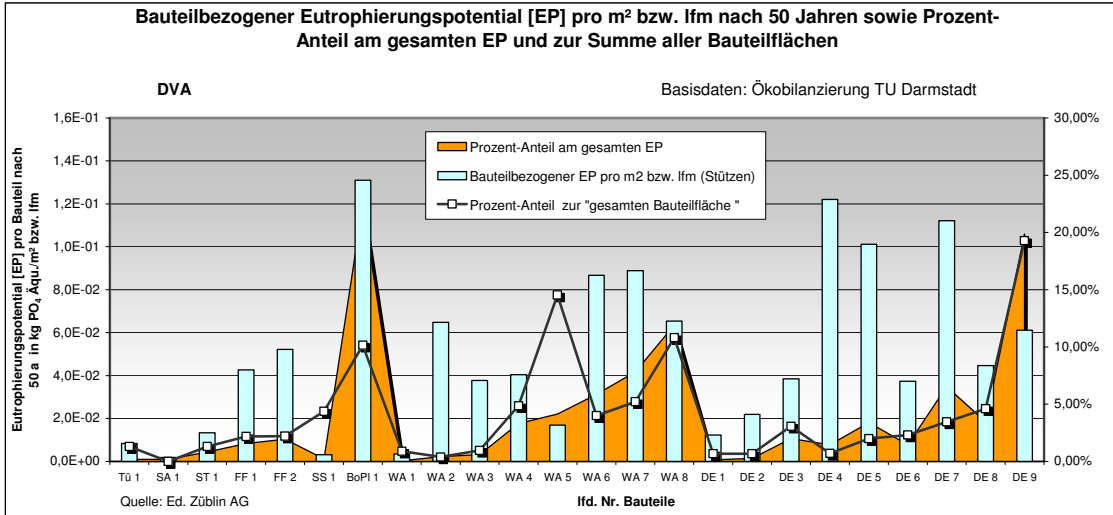


Diagramm: EPI - 2

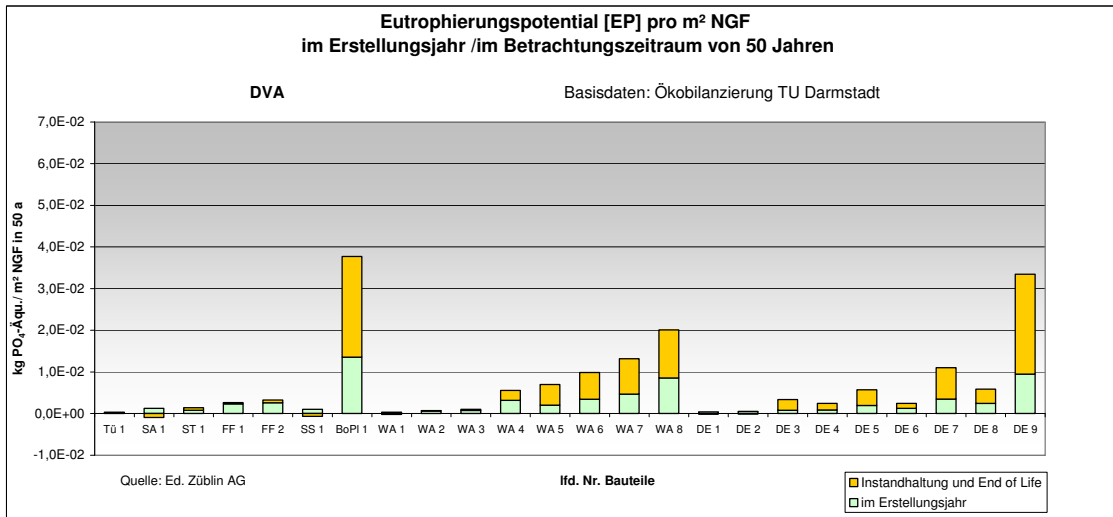
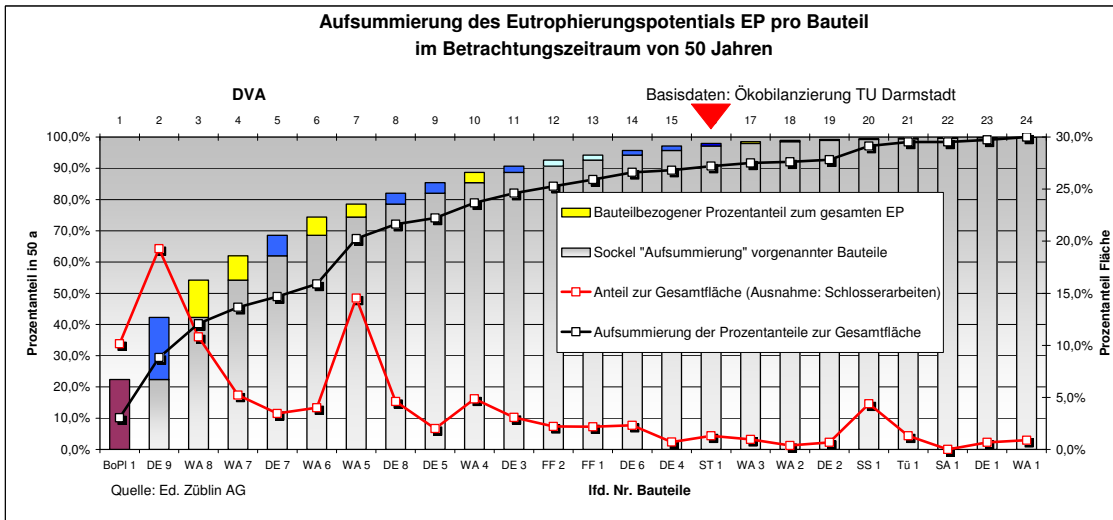


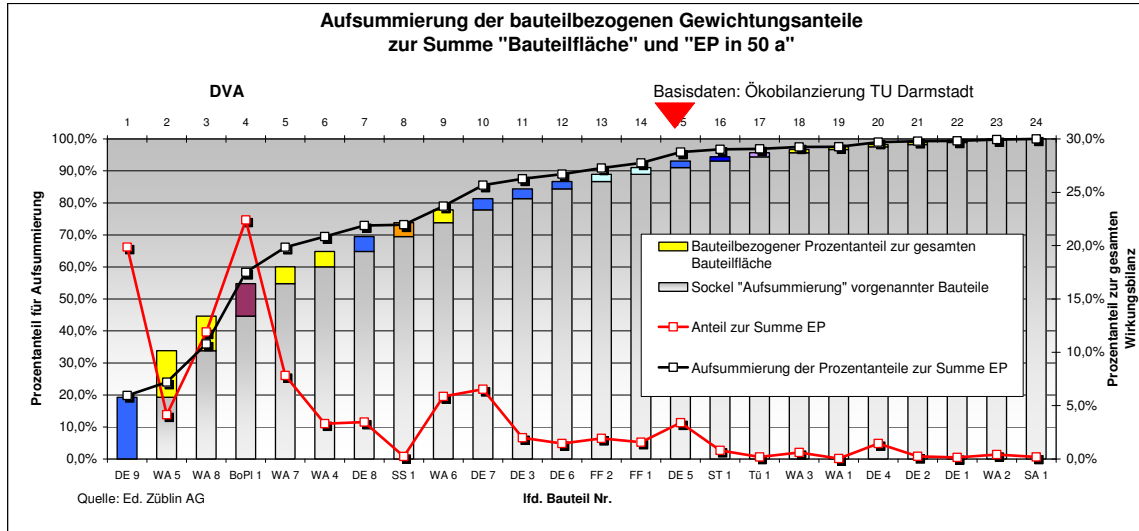
Diagramm: EPI - 3





Anlage 3: DVA– Auswertungsdiagramme zu Anlage 1  
 durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6

Diagramm: EPI - 4



**Anlage 4:** *DVA – Auswertung zu Anlage 2 (Spezialbauteile)*  
*durch Ed. Züblin AG zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1. Auswertung der Spezialbauteile (Anlage 2) sowie Auswertung zusätzlicher Bauteile auf Basis der Spezialbauteile durch Ed. Züblin AG | 1-13  |
| 2. Zusammenfassung der Ergebnisse (Nr. 1) mit Gewerkezuordnung und Materialzuordnung  | 1-7   |

Anlage enthält **20** Seiten

Gebäude: "Zübin Z-Zwo"

|              |                                   |                      |        |
|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------|
| Bauteil-Nr.: | 2                                 | Anzahl Schichten     | 10     |
| Bauteilname: | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller | Betrachtungszeitraum | 50     |
|              |                                   | Gesamtfläche (m²)    | 982,92 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                        | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Nadelfilz, verklebt                | 40              | 0,45              | 100,00%               | 120               | 0,54            |
| 2             | PVC-Kleber                         | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 3             | Anhydrit-Estrich                   | 40              | 3,50              | 100,00%               | 2100              | 73,50           |
| 4             | PE-Folie                           | 40              | 0,02              | 100,00%               | 1000              | 0,20            |
| 5             | zementgebundene Faserplatte        | 40              | 1,80              | 100,00%               | 600               | 10,80           |
| 6             | Stahlflüsse + Luftschrift          | 50              | 8,70              |                       |                   | 0,78            |
| 7             | Beton B35                          | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 8             | Bewehrungsstahl                    | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 9             | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 30              | 12,50             | 12,00%                | 600               | 9,00            |
| 10            | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30              | 12,50             | 88,00%                | 115               | 12,65           |
| <b>Summe:</b> |                                    |                 |                   |                       |                   | <b>804,98</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 117,9                             | 6,31E-06             | 0,031  | 0,29                             | 0,033                            | 1413,4        | 251,1       | 1162,3       |
| Lebenszyklus<br>50 Jahre                         | 173,5                             | 8,00E-06             | 0,052  | 0,50                             | 0,078                            | 1915,4        | 303,4       | 1612,0       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 67,9% | 78,9% | 59,2% | 57,8% | 42,4% | 73,8% | 82,8% | 72,1% |
| Nutzung   | 19,0% | 21,4% | 23,1% | 30,6% | 23,6% | 15,1% | 15,1% | 25,2% |
| Entsorgung  | 13,0% | -0,3% | 17,7% | 14,1% | 27,0% | 2,6%  | 2,1%  | 2,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 3,3%                              | 1,6%                 | 5,2%   | 7,1%                             | 7,8%                             | 4,2%          | 0,1%        | 5,1%         |
| 2   | 0,1%                              | 0,1%                 | 2,0%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,2%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3   | 1,2%                              | 1,4%                 | 1,7%   | 2,1%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,2%        | 1,9%         |
| 4   | 1,2%                              | 0,6%                 | 1,9%   | 2,6%                             | 2,9%                             | 1,6%          | 0,1%        | 1,9%         |
| 5   | 6,7%                              | 15,2%                | 11,2%  | 9,9%                             | 7,9%                             | 10,4%         | 16,7%       | 9,1%         |
| 6   | 1,2%                              | 0,1%                 | 1,9%   | 1,3%                             | 1,1%                             | 1,3%          | 0,2%        | 1,6%         |
| 7   | 46,6%                             | 23,6%                | 32,9%  | 34,7%                            | 42,5%                            | 20,7%         | 2,2%        | 24,7%        |
| 8   | 21,7%                             | 40,7%                | 22,1%  | 14,1%                            | 9,3%                             | 26,6%         | 12,6%       | 29,7%        |
| 9   | 5,5%                              | 7,9%                 | 5,6%   | 3,8%                             | 3,3%                             | 19,6%         | 66,7%       | 9,4%         |
| 10  | 12,4%                             | 8,8%                 | 15,3%  | 24,3%                            | 22,2%                            | 13,9%         | 1,2%        | 16,6%        |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 4,5%                              | 2,6%                 | 6,2%   | 8,2%                             | 6,6%                             | 6,2%          | 0,2%        | 7,3%         |
| 2  | 0,3%                              | 0,1%                 | 2,3%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 0,1%          | 0,0%        | 0,2%         |
| 3  | 4,6%                              | 1,5%                 | 3,4%   | 4,5%                             | 20,5%                            | 2,7%          | 0,2%        | 3,1%         |
| 4  | 1,8%                              | 0,9%                 | 2,3%   | 3,1%                             | 2,5%                             | 2,2%          | 0,1%        | 2,6%         |
| 5  | 9,6%                              | 23,9%                | 13,5%  | 11,7%                            | 9,3%                             | 15,5%         | 27,7%       | 13,2%        |
| 6  | 0,3%                              | 0,4%                 | 0,3%   | 0,2%                             | 0,1%                             | 0,4%          | 0,2%        | 0,5%         |
| 7  | 39,4%                             | 20,0%                | 36,2%  | 31,0%                            | 27,0%                            | 21,2%         | 4,1%        | 24,4%        |
| 8  | 15,5%                             | 32,0%                | 13,5%  | 8,6%                             | 8,4%                             | 19,7%         | 10,4%       | 21,5%        |
| 9  | 6,7%                              | 4,9%                 | 3,8%   | 4,0%                             | 3,3%                             | 11,6%         | 55,0%       | 3,4%         |
| 10   | 17,3%                             | 13,7%                | 18,4%  | 28,4%                            | 22,0%                            | 20,5%         | 2,0%        | 24,0%        |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Zübin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   | Gewicht<br>[kg/m²] | Gesamt-<br>fläche (m²) | Gewicht<br>[kg] |
|----|---|--------------------|------------------------|-----------------|
| 35 | 0 |                    |                        | 0,54            |
| 35 | 0 |                    |                        | 0,26            |
| 44 | 0 |                    |                        | 73,50           |
| 44 | 0 |                    |                        | 0,20            |
| 44 | 0 |                    |                        | 10,80           |
| 44 | 2 |                    |                        | 0,78            |
| 15 | 1 |                    |                        | 660,78          |
| 15 | 2 |                    |                        | 36,47           |
| 15 | 3 |                    |                        | 9,00            |
| 15 | 3 |                    |                        | 12,65           |
|    |   | <b>804,98</b>      |                        |                 |
|    |   |                    | 982,92                 | 791,231,33      |

Kontrolle

### Auswertung Ed. Zübin AG

| Erstellungsjahr |    |                        |                                    |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |
|-----------------|----|------------------------|------------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|
|                 | Z1 | Name<br>Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²  | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |         |
|                 | 35 | 0                      | Nadelfilz, verklebt                | 3,88                 | 1,0E-07  | 1,6E-03                          | 2,0E-02                          | 2,6E-03       | 59,22       | 0,35         | 58,87   |
|                 | 35 | 0                      | PVC-Kleber                         | 0,12                 | 6,9E-09  | 6,0E-04                          | 4,4E-04                          | 3,5E-05       | 2,91        | 0,05         | 2,87    |
|                 | 44 | 0                      | Anhydrit-Estrich                   | 1,46                 | 8,9E-08  | 5,2E-04                          | 6,2E-03                          | 9,6E-04       | 22,05       | 0,43         | 21,62   |
|                 | 44 | 0                      | PE-Folie                           | 1,44                 | 3,8E-08  | 6,0E-04                          | 7,5E-03                          | 9,5E-04       | 21,93       | 0,13         | 21,80   |
|                 | 44 | 0                      | zementgebundene Faserplatte        | 7,93                 | 9,6E-07  | 3,5E-03                          | 2,8E-02                          | 2,6E-03       | 147,65      | 41,98        | 105,67  |
|                 | 44 | 2                      | Stahlflüsse + Luftschrift          | 1,36                 | 5,2E-09  | 5,9E-04                          | 3,8E-03                          | 3,6E-04       | 18,98       | 0,61         | 18,37   |
|                 | 15 | 1                      | Beton B35                          | 54,96                | 1,5E-06  | 1,0E-02                          | 1,0E-01                          | 1,4E-02       | 292,12      | 5,40         | 286,72  |
|                 | 15 | 2                      | Bewehrungsstahl                    | 25,63                | 2,6E-06  | 6,8E-03                          | 4,0E-02                          | 3,1E-03       | 376,28      | 31,65        | 344,63  |
|                 | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 6,51                 | 5,0E-07  | 1,7E-03                          | 1,1E-02                          | 1,1E-03       | 276,40      | 167,40       | 109,00  |
|                 | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 14,57                | 5,5E-07  | 4,7E-03                          | 7,0E-02                          | 7,3E-03       | 195,85      | 3,12         | 192,72  |
|                 | S  | S                      |                                    | 117,85               | 6,3E-06  | 3,1E-02                          | 2,9E-01                          | 3,3E-02       | 1413,39     | 251,12       | 1162,27 |
|                 |    |                        |                                    | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         | i.O.    |

| 50 a |    |                        |                                    |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |
|------|----|------------------------|------------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|
|      | Z1 | Name<br>Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²  | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |         |
|      | 35 | 0                      | Nadelfilz, verklebt                | 7,77                 | 2,0E-07  | 3,2E-03                          | 4,1E-02                          | 5,2E-03       | 118,62      | 0,71         | 117,90  |
|      | 35 | 0                      | PVC-Kleber                         | 0,54                 | 7,8E-09  | 1,2E-03                          | 1,4E-03                          | 1,5E-04       | 2,66        | 0,07         | 2,59    |
|      | 44 | 0                      | Anhydrit-Estrich                   | 8,04                 | 1,2E-07  | 1,8E-03                          | 2,2E-02                          | 1,6E-02       | 50,84       | 0,62         | 50,22   |
|      | 44 | 0                      | PE-Folie                           | 3,10                 | 7,1E-08  | 1,2E-03                          | 1,5E-02                          | 2,0E-03       | 41,43       | 0,24         | 41,19   |
|      | 44 | 0                      | zementgebundene Faserplatte        | 16,61                | 1,9E-06  | 7,0E-03                          | 5,8E-02                          | 7,2E-03       | 296,28      | 83,92        | 212,36  |
|      | 44 | 2                      | Stahlflüsse + Luftschrift          | 0,55                 | 3,1E-08  | 1,6E-04                          | 9,6E-04                          | 9,8E-05       | 8,05        | 0,56         | 7,50    |
|      | 15 | 1                      | Beton B35                          | 68,34                | 1,6E-06  | 1,9E-02                          | 1,5E-01                          | 2,1E-02       | 405,12      | 12,54        | 392,58  |
|      | 15 | 2                      | Bewehrungsstahl                    | 26,90                | 2,6E-06  | 7,0E-03                          | 4,3E-02                          | 6,6E-03       | 377,95      | 31,59        | 346,36  |
|      | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Holzwolle  | 11,65                | 3,9E-07  | 2,0E-03                          | 2,0E-02                          | 2,5E-03       | 221,55      | 166,92       | 54,63   |
|      | 15 | 3                      | Tektalan-SD Bestandteil Steinwolle | 30,01                | 1,1E-06  | 9,6E-03                          | 1,4E-01                          | 1,7E-02       | 392,86      | 6,21         | 386,65  |
|      | S  | S                      |                                    | 173,51               | 8,0E-06  | 5,2E-02                          | 5,0E-01                          | 7,8E-02       | 1915,36     | 303,37       | 1611,98 |
|      |    |                        |                                    | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         | i.O.    |

| Anzahl E=1                    | 2       | 2          | 2         | 2          | 2          | 2      | 2      | 2      |
|-------------------------------|---------|------------|-----------|------------|------------|--------|--------|--------|
| PVC-Kleber TU DA: Herstellung | 0,47205 | 2,6442E-08 | 0,00231   | 0,00168    | 0,00013544 | 11,21  | 0,18   | 11,03  |
| PVC-Kleber TU DA: Entsorgung  | 0,571   | -1,14E-08  | 2,906E-05 | 0,00100389 | 0,00016108 | -6,995 | -0,054 | -6,041 |
|                               | 0,54    | 7,8E-09    | 1,2E-03   | 1,4E-03    | 1,5E-04    | 2,66   | 0,07   | 2,59   |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                     |                      |         |
|--------------|---------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 4                   | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                     | Gesamtfläche (m²)    | 1260,00 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                       | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich               | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Beton B35                         | 50              | 20,00             | 98,33%                | 2300              | 452,32          |
| 3             | Bewehrungsstahl                   | 50              | 20,00             | 1,67%                 | 7800              | 26,05           |
| 4             | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 30              | 12,00             | 100,00%               | 50                | 6,00            |
| 5             | Luftschicht, ruhend               | 30              | 20,00             | 100,00%               | 0                 | 0,00            |
| 6             | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 30              | 0,20              | 100,00%               | 2700              | 5,40            |
| 7             | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 30              | 0,02              | 100,00%               | 1300              | 0,26            |
| 8             | Aufsatz-Aluminiumblech            | 30              | 0,20              | 42,00%                | 2700              | 2,27            |
| 9             | Stahl-Unterkonstruktion           | 30              | 0,20              | 7,80%                 | 7800              | 1,23            |
| 10            | Schrauben                         | 30              |                   |                       |                   | 0,11            |
| <b>Summe:</b> |                                   |                 |                   |                       |                   | <b>493,95</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 162,5                          | 9,76E-06          | 0,059               | 0,58                          | 0,033            | 2144,1     | 406,9    | 1737,2    |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 142,1                          | 8,47E-06          | 0,050               | 0,42                          | 0,036            | 1848,9     | 256,8    | 1592,1    |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |        |        |        |        |        |         |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee      | Ene    |
| Erstellung  | 114,4% | 115,1% | 117,4% | 139,3% | 91,1%  | 116,0% | 158,5%  | 109,1% |
| Nutzung   | 26,7%  | 33,2%  | 32,1%  | 33,6%  | 36,2%  | 36,2%  | 44,2%   | 34,9%  |
| Entsorgung  | -41,1% | -48,3% | -49,5% | -72,9% | -14,8% | -52,2% | -102,6% | -44,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 0,2%                           | 0,3%              | 0,1%                | 0,2%                          | 0,7%             | 0,8%       | 0,1%     | 1,0%      |
| 2   | 24,2%                          | 10,9%             | 12,3%               | 12,3%                         | 30,5%            | 9,7%       | 0,9%     | 11,8%     |
| 3   | 11,3%                          | 16,8%             | 8,2%                | 5,0%                          | 6,7%             | 12,5%      | 5,3%     | 14,2%     |
| 4   | 4,3%                           | 2,7%              | 3,8%                | 5,7%                          | 10,6%            | 4,3%       | 0,4%     | 5,3%      |
| 5   | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6   | 40,7%                          | 46,8%             | 51,2%               | 51,2%                         | 34,3%            | 49,2%      | 65,3%    | 45,5%     |
| 7   | 0,8%                           | 0,7%              | 1,2%                | 3,1%                          | 1,0%             | 1,1%       | 0,1%     | 1,4%      |
| 8   | 17,1%                          | 19,7%             | 21,5%               | 21,5%                         | 14,4%            | 20,7%      | 27,4%    | 19,1%     |
| 9   | 1,3%                           | 0,1%              | 1,6%                | 1,0%                          | 1,7%             | 1,4%       | 0,2%     | 1,7%      |
| 10  | 0,1%                           | 0,0%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,2%             | 0,1%       | 0,0%     | 0,1%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 1,2%                           | 1,6%              | 0,5%                | 1,1%                          | 2,9%             | 3,9%       | 0,5%     | 4,4%      |
| 2  | 34,4%                          | 13,5%             | 26,7%               | 26,4%                         | 41,6%            | 15,7%      | 3,5%     | 17,6%     |
| 3  | 13,5%                          | 21,5%             | 9,9%                | 7,4%                          | 13,0%            | 14,6%      | 8,9%     | 15,5%     |
| 4  | 10,0%                          | 6,1%              | 9,0%                | 16,1%                         | 22,5%            | 10,1%      | 1,1%     | 11,5%     |
| 5  | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%                | 0,0%                          | 0,0%             | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |
| 6  | 26,0%                          | 37,9%             | 34,8%               | 27,5%                         | 11,6%            | 36,0%      | 59,6%    | 32,1%     |
| 7  | 2,0%                           | 1,5%              | 2,8%                | 8,7%                          | 2,1%             | 2,5%       | 0,3%     | 2,8%      |
| 8  | 11,0%                          | 15,9%             | 14,6%               | 11,6%                         | 4,9%             | 15,1%      | 25,1%    | 13,5%     |
| 9  | 1,8%                           | 1,7%              | 1,5%                | 1,1%                          | 1,3%             | 2,1%       | 1,0%     | 2,2%      |
| 10   | 0,2%                           | 0,2%              | 0,1%                | 0,1%                          | 0,1%             | 0,2%       | 0,1%     | 0,2%      |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%              | 100,0%                        | 100,0%           | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche [m²] | Gewicht [kg]      |
|---------------|---|-----------------|-------------------|-------------------|
| 43            | 0 |                 |                   | 0,31              |
| 15            | 1 | 452,32          | 1260              | 599,60            |
| 15            | 2 | 26,05           | 1260              | 569,620,88        |
| 25            | 3 | 6,00            | 1260              | 32,825,52         |
| 25            | 0 | 0,00            | 1260              | 7,560,00          |
| 25            | 2 | 5,40            | 1260              | 0,00              |
| 25            | 2 | 0,26            | 1260              | 6,804,00          |
| 25            | 2 | 2,27            | 1260              | 327,60            |
| 25            | 2 | 1,23            | 1260              | 2,860,20          |
| 25            | 2 | 0,11            | 1260              | 1,549,80          |
| 25            | 2 | 493,95          | 1260              | 138,60            |
| <b>Summe:</b> |   |                 |                   | <b>822,377,00</b> |

1260 822,377,00 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1              |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|                 | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 0,40                           | 3,4E-08           | 5,7E-05             | 1,1E-03                       | 2,3E-04          | 17,83      | 0,29     | 17,54     |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 39,26                          | 1,1E-06           | 7,2E-03             | 7,1E-02                       | 1,0E-02          | 208,66     | 3,86     | 204,80    |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 18,30                          | 1,8E-06           | 4,9E-03             | 2,9E-02                       | 2,2E-03          | 268,77     | 22,61    | 246,16    |
|                 | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 6,91                           | 2,6E-07           | 2,2E-03             | 3,9E-02                       | 3,5E-03          | 92,69      | 1,48     | 91,41     |
|                 | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|                 | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 66,20                          | 4,6E-06           | 3,0E-02             | 3,0E-01                       | 1,1E-02          | 1055,36    | 265,59   | 789,77    |
|                 | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 1,28                           | 6,7E-08           | 7,0E-04             | 1,8E-02                       | 3,4E-04          | 24,38      | 0,39     | 23,99     |
|                 | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 27,83                          | 1,9E-06           | 1,3E-02             | 1,3E-01                       | 4,7E-03          | 443,64     | 111,65   | 332,00    |
|                 | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,15                           | 8,2E-09           | 9,4E-04             | 5,9E-03                       | 5,6E-04          | 29,93      | 0,96     | 28,98     |
|                 | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,19                           | 7,4E-10           | 8,4E-05             | 5,3E-04                       | 5,0E-05          | 2,68       | 0,09     | 2,59      |
|                 | S  | S |  |                                   | 162,53                         | 9,8E-06           | 5,9E-02             | 5,8E-01                       | 3,3E-02          | 2144,14    | 406,91   | 1737,23   |
|                 |    |   |  |                                   | I.O.                           | I.O.              | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

| 50 a |    |   |  |                                   |                                |                   |                     |                               |                  |            |          |           |
|------|----|---|--|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|------------|----------|-----------|
| Z1   |    |   |  | Name Bauteilschicht               | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC2H4-Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO4-Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
|      | 43 | 0 |  | Dispersionsanstrich               | 1,64                           | 1,3E-07           | 2,3E-04             | 4,5E-03                       | 1,0E-03          | 71,38      | 1,18     | 70,21     |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                         | 48,81                          | 1,1E-06           | 1,3E-02             | 1,1E-01                       | 1,5E-02          | 289,37     | 8,96     | 280,41    |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                   | 19,21                          | 1,8E-06           | 5,0E-03             | 3,1E-02                       | 4,7E-03          | 269,96     | 22,56    | 247,40    |
|      | 25 | 3 |  | Steinwolle 040 50kg/cbm           | 14,24                          | 5,2E-07           | 4,5E-03             | 6,7E-02                       | 8,1E-03          | 186,34     | 2,94     | 183,39    |
|      | 25 | 0 |  | Luftschicht, ruhend               | 0,00                           | 0,0E+00           | 0,0E+00             | 0,0E+00                       | 0,0E+00          | 0,00       | 0,00     | 0,00      |
|      | 25 | 2 |  | Abdeckung Aluminium Eloxal E6-EV1 | 36,95                          | 3,2E-06           | 1,7E-02             | 1,1E-01                       | 4,2E-03          | 664,85     | 153,04   | 511,81    |
|      | 25 | 2 |  | Pulverbeschichtung RAL 9006       | 2,86                           | 1,3E-07           | 1,4E-03             | 3,6E-02                       | 7,6E-04          | 45,59      | 0,76     | 44,83     |
|      | 25 | 2 |  | Aufsatz-Aluminiumblech            | 15,57                          | 1,4E-06           | 7,4E-03             | 4,8E-02                       | 1,8E-03          | 280,02     | 64,47    | 215,55    |
|      | 25 | 2 |  | Stahl-Unterkonstruktion           | 2,59                           | 1,5E-07           | 7,8E-04             | 4,5E-03                       | 4,6E-04          | 38,00      | 2,64     | 35,36     |
|      | 25 | 2 |  | Schrauben                         | 0,23                           | 1,3E-08           | 7,0E-05             | 4,1E-04                       | 4,2E-05          | 3,41       | 0,24     | 3,17      |
|      | S  | S |  |                                   | 142,09                         | 8,47E-06          | 5,0E-02             | 4,2E-01                       | 3,6E-02          | 1848,91    | 256,78   | 1592,13   |
|      |    |   |  |                                   | I.O.                           | Fehler            | I.O.                | I.O.                          | I.O.             | I.O.       | I.O.     | I.O.      |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                           |                      |         |
|--------------|---------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 7                         | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                           | Gesamtfläche (m²)    | 2262,34 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung         | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|---------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | WU-Beton B35        | 50              | 40,00             | 98,21%                | 2300              | 903,53          |
| 3             | Bewehrungsstahl     | 50              | 40,00             | 1,79%                 | 7800              | 55,85           |
| <b>Summe:</b> |                     |                 |                   |                       |                   | 959,69          |

| Okologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 116,2                             | 6,05E-06             | 0,025  | 0,20                             | 0,024                            | 1000,9        | 56,3        | 944,7        |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 138,5                             | 6,28E-06             | 0,037  | 0,29                             | 0,041                            | 1218,3        | 67,3        | 1151,0       |

| Okologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 83,9% | 96,3% | 65,8% | 70,4% | 60,3% | 82,2% | 83,7% | 82,1% |
| Nutzung   | 0,9%  | 1,6%  | 0,5%  | 1,2%  | 1,9%  | 4,4%  | 1,3%  | 4,6%  |
| Entsorgung  | 15,2% | 2,1%  | 33,8% | 28,4% | 37,8% | 13,4% | 15,0% | 13,4% |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|-----------------|-------------------|--------------|
| 43            | 0 | 0,31            | 2262,34           | 701,33       |
| 15            | 1 | 903,53          | 2262,34           | 2.044.096,58 |
| 15            | 2 | 55,85           | 2262,34           | 126.347,16   |
| <b>Summe:</b> |   | 959,69          | 2262,34           | 2.171.145,07 |

Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |         |                |
|-----------------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|----------------|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle  | Gewichtsanteil |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83         | 0,29        | 17,54        | Z-Zwo 4 |                |
|                 | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 74,08                             | 2,0E-06              | 1,4E-02  | 1,3E-01                          | 1,9E-02                          | 393,74        | 7,28        | 386,45       | Z-Zwo 9 |                |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 39,24                             | 3,9E-06              | 1,0E-02  | 6,2E-02                          | 4,7E-03                          | 576,19        | 48,46       | 527,73       | Z-Zwo 9 |                |
|                 | S  |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 113,72                            | 6,0E-06              | 2,4E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 987,76        | 56,04       | 931,72       |         |                |
|                 | S  |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 116,20                            | 6,0E-06              | 2,5E-02  | 2,0E-01                          | 2,4E-02                          | 1000,95       | 56,29       | 944,66       |         |                |
|                 |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,2%                              | 1,1%                 | 1,9%   | 2,3%                             | 2,6%                             | 1,3%          | 0,4%        | 1,4%         |         |                |

| 50 a |    |   |  |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |        |                |
|------|----|---|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--------|----------------|
|      | Z1 |   | Name Bauteilschicht                    | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle | Gewichtsanteil |
|      | 43 | 0 | Dispersionsanstrich                    | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38         | 1,18        | 70,21        |        |                |
|      | 15 | 1 | WU-Beton B35                           | 92,37                             | 2,2E-06              | 2,5E-02  | 2,1E-01                          | 2,8E-02                          | 548,24        | 17,04       | 531,20       |        |                |
|      | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                        | 41,18                             | 3,9E-06              | 1,1E-02  | 6,6E-02                          | 1,0E-02                          | 578,76        | 48,37       | 530,38       |        |                |
|      | S  |   | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter       | 135,19                            | 6,2E-06              | 3,6E-02  | 2,8E-01                          | 4,0E-02                          | 1198,38       | 66,59       | 1131,79      |        |                |
|      | S  |   | Vergleich mit Ist-Wert                 | 138,46                            | 6,3E-06              | 3,7E-02  | 2,9E-01                          | 4,1E-02                          | 1218,28       | 67,26       | 1151,02      |        |                |
|      |    |   | Prozentualabweichung Ist-Ca.Ermittlung | 2,4%                              | 1,2%                 | 2,7%   | 2,8%                             | 2,7%                             | 1,7%          | 1,0%        | 1,7%         |        |                |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 9                        | Anzahl Schichten     | 4       |
| Bauteilname: | Z-Zwo BoPl 2 Bodenplatte | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamfläche (m²)     | 3783,55 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                     | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35                       | 50              | 70,00             | 98,33%                | 2400              | 1651,94         |
| 3             | Bewehrungsstahl                 | 50              | 70,00             | 1,67%                 | 7800              | 91,18           |
| 4             | Magerbetonplombe (teillbereich) | 50              | 90,00             | 1,77%                 | 2100              | 33,45           |
| <b>Summe:</b> |                                 |                 |                   |                       |                   | <b>1782,58</b>  |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |                                    |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |                                    |                                  |                                  |               |             |              |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgCF <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr                                  | 251,3                             | 1,02E-05             | 0,056                              | 0,48                             | 0,069                            | 2483,7        | 101,9       | 2381,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 396,7                             | 1,02E-05             | 0,105                              | 0,91                             | 0,152                            | 4272,7        | 137,1       | 4135,6       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 63,3% | 99,8% | 53,2% | 53,4% | 45,3% | 58,1% | 74,4% | 57,6% |
| Nutzung   | 26,3% | -1,3% | 25,3% | 30,0% | 34,7% | 36,0% | 13,0% | 36,7% |
| Entsorgung  | 10,4% | 1,5%  | 21,4% | 16,6% | 20,0% | 5,9%  | 12,6% | 5,7%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|   | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1   | 19,4%  | 0,0%   | 23,5%  | 26,6%  | 36,8%  | 32,4%  | 9,0%   | 33,4%  |
| 2   | 53,9%  | 36,2%  | 44,9%  | 50,7%  | 50,3%  | 29,0%  | 13,1%  | 29,7%  |
| 3   | 25,5%  | 63,3%  | 30,6%  | 20,9%  | 11,2%  | 37,9%  | 77,6%  | 36,2%  |
| 4   | 1,2%   | 0,5%   | 1,1%   | 1,5%   | 1,6%   | 0,7%   | 0,3%   | 0,7%   |
| Summe   | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | GWP    | ODP    | POCP   | AP     | EP     | Eges   | Ee     | Ene    |
| 1  | 39,4%  | 2,0%   | 38,0%  | 45,0%  | 52,0%  | 54,0%  | 19,5%  | 55,1%  |
| 2  | 42,6%  | 38,8%  | 44,5%  | 42,1%  | 34,4%  | 23,5%  | 22,7%  | 23,5%  |
| 3  | 16,3%  | 62,6%  | 16,7%  | 11,8%  | 10,8%  | 22,1%  | 57,6%  | 20,9%  |
| 4  | 1,1%   | 0,4%   | 0,7%   | 1,1%   | 2,8%   | 0,5%   | 0,2%   | 0,5%   |
| Summe  | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% | 100,0% |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg]    |
|---------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 43            | 0               |                   | 6,00            |
| 15            | 1               |                   | 1.651,94        |
| 15            | 2               |                   | 91,18           |
| 15            | 1               |                   | 33,45           |
| <b>Summe:</b> |                 |                   | <b>1.782,58</b> |

3783,55 6.744.476,78 Kontrolle

korrigiert von Ed. Züblin AG, da hier (ZZwo9) alle Wirkungsbilanzen gegenüber Spezialbauteile vom 18.2 nicht identisch  
Korrektur TU DA, 20.5. 2009

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |  |
|-----------------|----|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|--|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht             | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |  |
|                 | 43 | 0 | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 48,69                             | 0,0E+00              | 1,3E-02                | 1,3E-01                          | 2,5E-02                          | 805,25        | 9,22        | 796,03       |  |  |
|                 | 15 | 1 | Beton B35                       | 135,45                            | 3,7E-06              | 2,5E-02                | 2,5E-01                          | 3,5E-02                          | 719,88        | 13,32       | 708,56       |  |  |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                 | 64,07                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,0E-01                          | 7,7E-03                          | 940,74        | 79,13       | 861,61       |  |  |
|                 | 15 | 1 | Magerbetonplombe (teillbereich) | 3,09                              | 5,3E-08              | 6,0E-04                | 7,4E-03                          | 1,7E-03                          | 17,81         | 0,28        | 17,53        |  |  |
|                 | S  | S |                                 | 251,26                            | 1,0E-05              | 5,6E-02                | 4,8E-01                          | 6,9E-02                          | 2483,68       | 101,94      | 2381,74      |  |  |
|                 |    |   |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |  |

| 50 a |    |   |                                 |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |  |
|------|----|---|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|--|
|      | Z1 |   | Name Bauteilschicht             | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |  |
|      | 43 | 0 | OS 11 Beschichtung Epoxidharz   | 156,36                            | 2,1E-07              | 4,0E-02                | 4,1E-01                          | 7,9E-02                          | 2306,04       | 26,69       | 2279,35      |  |  |
|      | 15 | 1 | Beton B35                       | 168,88                            | 4,0E-06              | 4,7E-02                | 3,8E-01                          | 5,2E-02                          | 1002,36       | 31,16       | 971,20       |  |  |
|      | 15 | 2 | Bewehrungsstahl                 | 67,24                             | 6,4E-06              | 1,7E-02                | 1,1E-01                          | 1,6E-02                          | 944,92        | 78,98       | 865,95       |  |  |
|      | 15 | 1 | Magerbetonplombe (teillbereich) | 4,25                              | 4,0E-08              | 7,7E-04                | 9,7E-03                          | 4,3E-03                          | 19,35         | 0,22        | 19,12        |  |  |
|      | S  | S |                                 | 396,73                            | 1,0E-05              | 1,0E-01                | 9,1E-01                          | 1,5E-01                          | 4272,67       | 137,05      | 4135,62      |  |  |
|      |    |   |                                 | I.O.                              | I.O.                 | I.O.                   | I.O.                             | I.O.                             | I.O.          | I.O.        | I.O.         |  |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                               |                      |         |
|--------------|-------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 10                            | Anzahl Schichten     | 10      |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                               | Gesamtfläche (m²)    | 1352,16 |

| Schicht-Nr. | Bezeichnung                   | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|-------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1           | Dispersionsanstrich           | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2           | Beton B35                     | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3           | Bewehrungsstahl               | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| 4           | bituminöser Voranstrich       | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 5           | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1350              | 5,40            |
| 6           | PS 20 SE                      | 30              | 16,00             | 100,00%               | 20                | 3,20            |
| 7           | Rohglasvlies 120              | 30              | 0,08              | 100,00%               | 150               | 0,12            |
| 8           | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 30              | 0,18              | 100,00%               | 1300              | 2,34            |
| 9           | Polyestervlies 300ge          | 30              | 0,30              | 100,00%               | 100               | 0,30            |
| 10          | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 30              | 12,00             | 100,00%               | 933,35            | 112,00          |
|             | <b>Summe:</b>                 |                 |                   |                       |                   | <b>824,07</b>   |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 100,9                             | 4,49E-06             | 0,026  | 0,74                             | 0,020                            | 1453,9        | 49,2        | 1404,7       |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 148,3                             | 4,93E-06             | 0,046  | 1,42                             | 0,058                            | 2369,7        | 68,5        | 2301,2       |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 68,1% | 91,0% | 57,0% | 52,1% | 35,2% | 61,4% | 71,8% | 61,0% |
| Nutzung   | 18,2% | 8,6%  | 22,0% | 43,1% | 26,5% | 34,2% | 18,2% | 34,7% |
| Entsorgung  | 13,8% | 0,4%  | 21,0% | 4,8%  | 38,3% | 4,4%  | 10,0% | 4,2%  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1   | 0,4%                              | 0,8%                 | 0,2%   | 0,2%                             | 1,1%                             | 1,2%          | 0,6%        | 1,2%         |
| 2   | 54,5%                             | 33,2%                | 38,8%  | 13,5%                            | 69,1%                            | 20,1%         | 11,0%       | 20,4%        |
| 3   | 25,4%                             | 57,2%                | 26,1%  | 5,5%                             | 15,1%                            | 25,9%         | 64,4%       | 24,5%        |
| 4   | 3,2%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 28,4%                            | 0,0%                             | 11,1%         | 7,4%        | 11,2%        |
| 5   | 5,4%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 48,7%                            | 0,0%                             | 19,0%         | 12,7%       | 19,2%        |
| 6   | 8,5%                              | 5,9%                 | 11,5%  | 2,5%                             | 9,4%                             | 18,0%         | 2,5%        | 18,6%        |
| 7   | 0,3%                              | 0,3%                 | 0,4%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,7%          | 0,1%        | 0,7%         |
| 8   | 1,1%                              | 1,4%                 | 20,7%  | 0,5%                             | 1,6%                             | 1,8%          | 0,9%        | 1,8%         |
| 9   | 0,7%                              | 0,7%                 | 1,1%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,7%          | 0,3%        | 1,7%         |
| 10  | 0,6%                              | 0,6%                 | 1,1%   | 0,5%                             | 2,8%                             | 0,6%          | 0,3%        | 0,6%         |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 1  | 1,1%                              | 2,7%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 1,8%                             | 3,0%          | 1,7%        | 3,1%         |
| 2  | 46,1%                             | 32,5%                | 41,0%  | 10,9%                            | 36,5%                            | 17,1%         | 18,3%       | 17,1%        |
| 3  | 18,1%                             | 51,8%                | 15,3%  | 3,0%                             | 11,4%                            | 15,9%         | 46,1%       | 15,1%        |
| 4  | 4,4%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 29,6%                            | 0,1%                             | 13,6%         | 10,7%       | 13,7%        |
| 5  | 7,6%                              | 0,0%                 | 0,3%   | 50,8%                            | 0,2%                             | 23,4%         | 18,4%       | 23,5%        |
| 6  | 11,7%                             | 10,6%                | 13,2%  | 2,6%                             | 7,7%                             | 22,1%         | 3,5%        | 22,7%        |
| 7  | 0,5%                              | 0,5%                 | 0,5%   | 0,1%                             | 0,2%                             | 0,8%          | 0,2%        | 0,8%         |
| 8  | 3,3%                              | 1,4%                 | 23,9%  | 0,9%                             | 2,4%                             | 1,0%          | 0,9%        | 1,0%         |
| 9  | 1,2%                              | 1,1%                 | 1,3%   | 0,2%                             | 0,6%                             | 1,9%          | 0,4%        | 1,9%         |
| 10   | 6,1%                              | -0,7%                | 3,8%   | 1,6%                             | 39,1%                            | 1,2%          | -0,2%       | 1,2%         |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg]        |
|----|-----------------|-------------------|---------------------|
| 43 | 0               | 1352,16           | 419,17              |
| 15 | 1               | 1352,16           | 893,477,04          |
| 15 | 2               | 1352,16           | 49,317,06           |
| 21 | 0               | 1352,16           | 4,259,30            |
| 21 | 0               | 1352,16           | 7,301,66            |
| 21 | 3               | 1352,16           | 4,326,91            |
| 21 | 0               | 1352,16           | 162,26              |
| 21 | 0               | 1352,16           | 3,164,05            |
| 21 | 0               | 1352,16           | 405,65              |
| 21 | 0               | 1352,16           | 151,444,62          |
|    | <b>Summe:</b>   |                   | <b>1.114.277,74</b> |

1352,16 1.114.277,74 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |                               |                                   |                      |  |                                  |                                  |                |              |                |  |
|-----------------|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------|--|
|                 | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m²  | Ee<br>MJ/m²  | Ene<br>MJ/m²   |  |
|                 | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 0,40                              | 3,4E-08              | 5,7E-05  | 1,1E-03                          | 2,3E-04                          | 17,83          | 0,29         | 17,54          |  |
|                 | 15 | 1 | Beton B35                     | 54,96                             | 1,5E-06              | 1,0E-02  | 1,0E-01                          | 1,4E-02                          | 292,12         | 5,40         | 286,72         |  |
|                 | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 25,63                             | 2,6E-06              | 6,8E-03  | 4,0E-02                          | 3,1E-03                          | 376,28         | 31,65        | 344,63         |  |
|                 | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 3,21                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 2,1E-01                          | 0,0E+00                          | 160,88         | 3,63         | 157,25         |  |
|                 | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 5,50                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 3,6E-01                          | 0,0E+00                          | 275,80         | 6,23         | 269,57         |  |
|                 | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 8,57                              | 2,6E-07              | 3,0E-03  | 1,8E-02                          | 1,9E-03                          | 262,28         | 1,21         | 261,08         |  |
|                 | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,27                              | 1,3E-08              | 1,2E-04  | 5,5E-04                          | 4,8E-05                          | 9,63           | 0,06         | 9,57           |  |
|                 | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 1,10                              | 6,2E-08              | 5,4E-03  | 3,9E-03                          | 3,2E-04                          | 26,23          | 0,42         | 25,81          |  |
|                 | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 0,69                              | 3,2E-08              | 2,9E-04  | 1,4E-03                          | 1,2E-04                          | 24,08          | 0,16         | 23,92          |  |
|                 | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 0,60                              | 2,5E-08              | 3,0E-04  | 3,5E-03                          | 5,7E-04                          | 8,79           | 0,12         | 8,66           |  |
|                 | S  | S |                               | <b>100,92</b>                     | <b>4,5E-06</b>       | <b>2,6E-02</b>                                   | <b>7,4E-01</b>                   | <b>2,0E-02</b>                   | <b>1453,93</b> | <b>49,18</b> | <b>1404,74</b> |  |

I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O.

### 50 a

|  | Z1 |   | Name Bauteilschicht           | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m²  | Ee<br>MJ/m²  | Ene<br>MJ/m²   |
|--|----|---|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------|--------------|----------------|
|  | 43 | 0 | Dispersionsanstrich           | 1,64                              | 1,3E-07              | 2,3E-04  | 4,5E-03                          | 1,0E-03                          | 71,38          | 1,18         | 70,21          |
|  | 15 | 1 | Beton B35                     | 68,34                             | 1,6E-06              | 1,9E-02  | 1,5E-01                          | 2,1E-02                          | 405,12         | 12,54        | 392,58         |
|  | 15 | 2 | Bewehrungsstahl               | 26,90                             | 2,6E-06              | 7,0E-03  | 4,3E-02                          | 6,6E-03                          | 377,95         | 31,59        | 346,36         |
|  | 21 | 0 | bituminöser Voranstrich       | 6,54                              | 1,0E-09              | 8,3E-05  | 4,2E-01                          | 6,7E-05                          | 322,85         | 7,33         | 315,51         |
|  | 21 | 0 | Dampfsperre bit. V60 S4+Al    | 11,21                             | 1,8E-09              | 1,4E-04  | 7,2E-01                          | 1,1E-04                          | 553,45         | 12,57        | 540,88         |
|  | 21 | 3 | PS 20 SE                      | 17,36                             | 5,2E-07              | 6,1E-03  | 3,7E-02                          | 4,4E-03                          | 524,86         | 2,40         | 522,46         |
|  | 21 | 0 | Rohglasvlies 120              | 0,69                              | 2,3E-08              | 2,4E-04  | 1,3E-03                          | 1,3E-04                          | 17,80          | 0,11         | 17,68          |
|  | 21 | 0 | Bauder THERMOPLAN PVC Bahn    | 4,88                              | 7,0E-08              | 1,1E-02  | 1,3E-02                          | 1,4E-03                          | 23,94          | 0,59         | 23,35          |
|  | 21 | 0 | Polyestervlies 300ge          | 1,71                              | 5,6E-08              | 6,0E-04  | 3,4E-03                          | 3,4E-04                          | 44,49          | 0,28         | 44,21          |
|  | 21 | 0 | PFL.substrat 120mm EDT Typ 11 | 8,99                              | -3,4E-08             | 1,7E-03  | 2,2E-02                          | 2,3E-02                          | 27,85          | -0,12        | 27,97          |
|  | S  | S |                               | <b>148,25</b>                     | <b>4,9E-06</b>       | <b>4,6E-02</b>                                   | <b>1,4E+00</b>                   | <b>5,8E-02</b>                   | <b>2369,69</b> | <b>68,49</b> | <b>2301,20</b> |

I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O.

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 11                   | Anzahl Schichten     | 6       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamfläche (m²)     | 2353,29 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Beton B35               | 50              | 40,00             | 98,33%                | 2400              | 943,97          |
| 2             | Bewehrungsstahl         | 50              | 40,00             | 1,67%                 | 7800              | 52,10           |
| 3             | bituminöser Voranstrich | 30              | 0,30              | 100,00%               | 1050              | 3,15            |
| 4             | Bauder PYE-PV 200 DD    | 30              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 5             | Bauder PYE-PV 200 S4 I  | 30              | 0,40              | 100,00%               | 1050              | 4,20            |
| 6             | Gummigranulat 8 mm      | 30              | 0,80              | 100,00%               | 725               | 5,80            |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | <b>1015,22</b>  |

| Okologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|--|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                            |               |  |                            |                            |        |       |        |  |
|  | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |  |
| Erstellungsjahr                                  | 140,0                      | 6,36E-06      | 0,029                                    | 1,11                       | 0,026                      | 2091,7 | 71,2  | 2020,5 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 194,9                      | 6,98E-06      | 0,048                                    | 2,12                       | 0,046                      | 3336,7 | 99,4  | 3237,3 |  |

| Okologische Wirkung, gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |                            |               |  |                            |                            |       |       |       |  |
|---|----------------------------|---------------|--|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
|   | GWP                        | ODP           | POCP                                     | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|   | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellung  | 71,8%                      | 91,1%         | 60,9%                                    | 52,4%                      | 57,4%                      | 61,4% | 71,6% | 62,4% |  |
| Nutzung   | 15,6%                      | 7,8%          | 12,4%                                    | 43,4%                      | 7,4%                       | 34,2% | 18,4% | 33,9% |  |
| Entsorgung  | 12,6%                      | 1,0%          | 26,8%                                    | 4,2%                       | 35,1%                      | 4,4%  | 10,0% | 3,7%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²)   | Gewicht [kg]        |
|---------------|---|--|--|--|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| 15            | 1 |  |  |  |  | 943,97          | 2353,29             | 2.221.430,45        |
| 15            | 2 |  |  |  |  | 52,10           | 2353,29             | 122.615,82          |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 3,15            | 2353,29             | 7.412,96            |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 6,00            | 2353,29             | 14.119,74           |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 4,20            | 2353,29             | 9.883,62            |
| 21            | 0 |  |  |  |  | 5,80            | 2353,29             | 13.649,08           |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  | <b>1.015,22</b> | <b>2.389.111,78</b> | <b>2.389.111,78</b> |

2353,29 2.389.111,78 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |           |
|-----------------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|-----------|
|                 | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² | Quelle    |
|                 | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 77,40                          | 2,1E-06           | 1,4E-02                                       | 1,4E-01                       | 2,0E-02                       | 411,36     | 7,61     | 403,75    | Z-Zwo 9   |
|                 | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 36,61                          | 3,7E-06           | 9,7E-03                                       | 5,8E-02                       | 4,4E-03                       | 537,57     | 45,21    | 492,35    | Z-Zwo 9   |
|                 | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 3,21                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 2,1E-01                       | 0,0E+00                       | 160,98     | 3,63     | 157,25    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 6,87                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 4,5E-01                       | 0,0E+00                       | 344,75     | 7,79     | 336,97    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 5,50                           | 0,0E+00           | 0,0E+00                                       | 3,6E-01                       | 0,0E+00                       | 275,80     | 6,23     | 269,57    | Z-Zwo 10  |
|                 | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 10,43                          | 5,9E-07           | 5,5E-03                                       | -1,0E-01                      | 2,1E-03                       | 361,37     | 0,72     | 360,64    | k. Quelle |
|                 | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 140,01                         | 0,00              | 0,03  | 1,11                          | 0,03                          | 2091,73    | 71,20    | 2020,53   |           |
|                 |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | 140,01                         | 6,4E-06           | 2,9E-02                                       | 1,1E+00                       | 2,6E-02                       | 2091,73    | 71,20    | 2020,53   |           |
|                 |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |           |

Gewichtsanteil

Dickenanteil

Deltabefrag

| 50 a |    |   |  |                                       |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |  |
|------|----|---|--|---------------------------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--|
|      | Z1 |   |  | Name Bauteilschicht                   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |  |
|      | 15 | 1 |  | Beton B35                             | 96,50                          | 2,3E-06           | 2,7E-02                                       | 2,2E-01                       | 3,0E-02                       | 572,78     | 17,80    | 554,97    |  |
|      | 15 | 2 |  | Bewehrungsstahl                       | 38,42                          | 3,7E-06           | 1,0E-02                                       | 6,1E-02                       | 9,4E-03                       | 539,96     | 45,13    | 494,83    |  |
|      | 21 | 0 |  | bituminöser Voranstrich               | 6,54                           | 1,0E-09           | 8,9E-05                                       | 4,2E-01                       | 6,7E-05                       | 322,85     | 7,33     | 315,51    |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 DD                  | 14,01                          | 2,2E-09           | 1,8E-04                                       | 9,0E-01                       | 1,4E-04                       | 691,81     | 15,72    | 676,09    |  |
|      | 21 | 0 |  | Bauder PYE-PV 200 S4 I                | 11,21                          | 1,8E-09           | 1,4E-04                                       | 7,2E-01                       | 1,1E-04                       | 553,45     | 12,57    | 540,88    |  |
|      | 21 | 0 |  | Gummigranulat 8 mm                    | 28,25                          | 1,1E-06           | 1,1E-02                                       | -2,2E-01                      | 6,2E-03                       | 655,87     | 0,87     | 655,00    |  |
|      | S  | S |  | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter      | 194,94                         | 0,00              | 0,05  | 2,12                          | 0,05                          | 3336,71    | 99,43    | 3237,28   |  |
|      |    |   |  | Vergleich mit Ist-Wert                | 194,94                         | 7,0E-06           | 4,8E-02                                       | 2,1E+00                       | 4,6E-02                       | 3336,71    | 99,43    | 3237,28   |  |
|      |    |   |  | Prozentualabweichung Ist-Ca. Ermittl. | 0,0%                           | 0,0%              | 0,0%  | 0,0%                          | 0,0%                          | 0,0%       | 0,0%     | 0,0%      |  |



Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                          |                      |         |
|--------------|--------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 13                       | Anzahl Schichten     | 7       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                          | Gesamtfäche (m²)     | 2476,09 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung  | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm                                | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 2             | Luftschicht ruhend   | 25              | 1,60              | 70,50%                | 0                 | 0,00            |
| 3             | Verglasung, Glastyp GT1 6mm thermisch getrenntes Aluprofil | 25              | 0,60              | 70,50%                | 2500              | 10,58           |
| 4             | Typ Schüco Royal S70.1, 8,75 kg/m²                         | 50              | 0,32              |                       | 2700              | 8,75            |
| 5             | Abdichtungsbahn NOVAwall EPDM                              | 25              | 0,10              | 25,40%                | 1150              | 0,29            |
| 6             | Abdichtungsbahn NOVAwall IIR                               | 25              | 0,10              | 6,30%                 | 1500              | 0,09            |
| 7             | PVC-Kleber für Abdichtungsbahn                             | 25              | 0,01              | 29,50%                | 1300              | 0,04            |
| <b>Summe:</b> |  |                 |                   |                       |                   | <b>30,32</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| Erstellungsjahr                                  | 129,8                             | 8,45E-06             | 0,058  | 0,61                             | 0,038                            | 2114,9        | 435,5       | 1679,4       |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 99,6                              | 4,22E-06             | 0,033  | 0,40                             | 0,049                            | 1085,3        | 131,9       | 953,3        |  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |         |         |        |        |         |         |         |  |
|---|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
|   | GWP    | ODP     | POCP    | AP     | EP     | Eges    | Ee      | Ene     |  |
| Erstellung  | 130,3% | 200,4%  | 174,3%  | 153,4% | 76,5%  | 194,9%  | 330,1%  | 176,2%  |  |
| Nutzung   | 35,0%  | 19,2%   | 28,6%   | 38,4%  | 46,6%  | 25,2%   | 3,0%    | 28,3%   |  |
| Entsorgung  | -65,3% | -119,6% | -103,0% | -91,8% | -23,1% | -120,1% | -233,1% | -104,4% |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|---|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|   | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 2   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3   | 8,3%                              | 6,0%                 | 7,3%   | 10,6%                            | 25,6%                            | 8,8%          | 0,6%        | 11,0%        |  |
| 4   | 82,7%                             | 87,5%                | 84,7%  | 78,5%                            | 48,4%                            | 80,9%         | 98,8%       | 76,2%        |  |
| 5   | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,2%                             | 0,3%                             | 1,1%          | 0,0%        | 1,4%         |  |
| 6   | 0,2%                              | 0,1%                 | 0,2%   | 0,1%                             | 0,1%                             | 0,3%          | 0,0%        | 0,4%         |  |
| 7   | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,2%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe   | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| 1  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 2  | 0,0%                              | 0,0%                 | 0,0%   | 0,0%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| 3  | 33,8%                             | 18,3%                | 27,2%  | 37,8%                            | 46,1%                            | 22,6%         | 2,9%        | 25,3%        |  |
| 4  | 30,1%                             | 61,6%                | 42,7%  | 23,3%                            | 6,9%                             | 49,6%         | 94,0%       | 43,5%        |  |
| 5  | 1,7%                              | 1,3%                 | 1,8%   | 0,8%                             | 0,7%                             | 4,0%          | 0,2%        | 4,5%         |  |
| 6  | 0,5%                              | 0,4%                 | 0,5%   | 0,3%                             | 0,2%                             | 1,2%          | 0,1%        | 1,4%         |  |
| 7  | 0,1%                              | 0,0%                 | 0,6%   | 0,1%                             | 0,0%                             | 0,0%          | 0,0%        | 0,0%         |  |
| Summe  | 100,0%                            | 100,0%               | 100,0%   | 100,0%                           | 100,0%                           | 100,0%        | 100,0%      | 100,0%       |  |

AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|----|---|-----------------|-------------------|--------------|
|    |   | Gewicht [kg/m²] |                   |              |
| 24 | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65    |
| 24 | 5 | 0,00            | 2476,09           | 0,00         |
| 24 | 5 | 10,58           | 2476,09           | 26.184,65    |
| 24 | 2 | 8,75            | 2476,09           | 21.665,79    |
| 24 | 0 | 0,29            | 2476,09           | 723,27       |
| 24 | 0 | 0,09            | 2476,09           | 233,99       |
| 24 | 0 | 0,04            | 2476,09           | 94,96        |
|    |   | 30,32           |                   | 75.087,31    |
|    |   |                 | 2476,09           | 75.087,31    |

Kontrolle

Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |                     |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 | Name Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 24              | 5                   | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
| 24              | 5                   | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
| 24              | 5                   | 10,81                             | 5,1E-07              | 4,2E-03  | 6,5E-02                          | 9,7E-03                          | 186,93        | 2,47        | 184,46       |
| 24              | 2                   | 107,28                            | 7,4E-06              | 4,9E-02  | 4,8E-01                          | 1,8E-02                          | 1710,07       | 430,35      | 1279,72      |
| 24              | 0                   | 0,66                              | 3,0E-08              | 2,9E-04  | 1,3E-03                          | 1,2E-04                          | 23,27         | 0,15        | 23,12        |
| 24              | 0                   | 0,21                              | 9,5E-09              | 8,8E-05  | 4,1E-04                          | 3,6E-05                          | 7,22          | 0,05        | 7,18         |
| 24              | 0                   | 0,02                              | 1,1E-09              | 9,2E-05  | 6,7E-05                          | 5,4E-06                          | 0,45          | 0,01        | 0,44         |
| S               | S                   | 129,79                            | 8,4E-06              | 5,8E-02  | 6,1E-01                          | 3,8E-02                          | 2114,87       | 435,49      | 1679,38      |
|                 |                     | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |

50 a

| Erstellungsjahr |                     |                                   |                      |  |                                  |                                  |               |             |              |
|-----------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|
|                 | Name Bauteilschicht | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |
| 24              | 5                   | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
| 24              | 5                   | 0,00                              | 0,0E+00              | 0,0E+00  | 0,0E+00                          | 0,0E+00                          | 0,00          | 0,00        | 0,00         |
| 24              | 5                   | 33,70                             | 7,7E-07              | 9,0E-03  | 1,5E-01                          | 2,3E-02                          | 244,95        | 3,79        | 241,16       |
| 24              | 2                   | 29,93                             | 2,6E-06              | 1,4E-02  | 9,3E-02                          | 3,4E-03                          | 538,65        | 123,99      | 414,66       |
| 24              | 0                   | 1,66                              | 5,4E-08              | 5,8E-04  | 3,3E-03                          | 3,3E-04                          | 42,99         | 0,27        | 42,71        |
| 24              | 0                   | 0,52                              | 1,7E-08              | 1,8E-04  | 1,0E-03                          | 1,0E-04                          | 13,29         | 0,08        | 13,21        |
| 24              | 0                   | 0,06                              | 1,2E-09              | 1,9E-04  | 2,1E-04                          | 2,3E-05                          | 0,43          | 0,01        | 0,42         |
| S               | S                   | 99,61                             | 4,2E-06              | 3,3E-02  | 4,0E-01                          | 4,9E-02                          | 1085,25       | 131,93      | 953,32       |
|                 |                     | i.O.                              | i.O.                 | i.O.   | i.O.                             | i.O.                             | i.O.          | i.O.        | i.O.         |





Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                                |                      |         |
|--------------|--------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 19                             | Anzahl Schichten     | 3       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1./2. UG | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                                | Gesamtfläche (m²)    | 4034,99 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung             | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Epoxidharz-Beschichtung | 20              | 0,50              | 100,00%               | 1200              | 6,00            |
| 2             | Beton B35               | 50              | 28,00             | 98,33%                | 2400              | 660,78          |
| 3             | Bewehrungsstahl         | 50              | 28,00             | 1,67%                 | 7800              | 36,47           |
| <b>Summe:</b> |                         |                 |                   |                       |                   | 703,25          |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                   |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |  |
|--|-----------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|--|
|  | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |  |
| Erstellungsjahr  | 129,3                             | 4,06E-06             | 0,030                  | 0,27                             | 0,042                            | 1473,6        | 46,3        | 1427,4       |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 251,6                             | 3,95E-06             | 0,066                  | 0,61                             | 0,106                            | 3089,1        | 70,8        | 3018,3       |  |

| Ökologische Wirkung, Ggliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |        |       |       |       |       |       |       |  |
|--|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|  | GWP   | ODP    | POCP  | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |  |
| Erstellung   | 51,4% | 102,8% | 45,8% | 44,6% | 39,9% | 47,7% | 65,3% | 47,3% |  |
| Nutzung  | 41,4% | -3,5%  | 40,5% | 44,9% | 49,4% | 49,8% | 25,1% | 50,3% |  |
| Entsorgung   | 7,2%  | 0,7%   | 13,7% | 10,4% | 10,8% | 2,5%  | 9,5%  | 2,4%  |  |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|    |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfläche (m²) | Gewicht [kg] |
|----|---|--|--|--|--|-----------------|-------------------|--------------|
| 43 | 0 |  |  |  |  | 6,00            | 4034,99           | 24.209,94    |
| 15 | 1 |  |  |  |  | 660,78          | 4034,99           | 2.666.231,01 |
| 15 | 2 |  |  |  |  | 36,47           | 4034,99           | 147.167,38   |
|    |   |  |  |  |  | 703,25          |                   | 2.837.608,33 |
|    |   |  |  |  |  |                 | 4034,99           | 2.837.608,33 |

Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |   |   |                                  |                                      |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |         |                |  |
|-----------------|----|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|----------------|--|
|                 | Z1 |   |   | Name Bauteilschicht              | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²    | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² | Quelle  |                |  |
|                 | 43 | 0 |   | Epoxidharz-Beschichtung          | 48,69                                | 0,0E+00              | 1,3E-02                | 1,3E-01                          | 2,5E-02                          | 805,25        | 9,22        | 796,03       | Z-Zwo 9 | Gewichtsanteil |  |
|                 | 15 | 1 |   | Beton B35                        | 54,18                                | 1,5E-06              | 1,0E-02                | 9,8E-02                          | 1,4E-02                          | 287,95        | 5,33        | 282,82       | Z-Zwo 9 |                |  |
|                 | 15 | 2 |   | Bewehrungsstahl                  | 25,63                                | 2,6E-06              | 6,8E-03                | 4,0E-02                          | 3,1E-03                          | 376,30        | 31,65       | 344,65       | Z-Zwo 9 |                |  |
|                 | S  |   | S | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter | 129,30                               | 4,0E-06              | 3,0E-02                | 2,7E-01                          | 4,2E-02                          | 1469,50       | 46,20       | 1423,30      |         |                |  |
|                 |    |   |   |                                  | Vergleich mit Ist-Wert               | 129,28               | 4,1E-06                | 3,0E-02                          | 2,7E-01                          | 4,2E-02       | 1473,69     | 46,27        | 1427,37 |                |  |
|                 |    |   |   |                                  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,6%                 | 0,5%                   | 0,5%                             | 0,5%                             | 0,5%          | 0,3%        | 0,2%         | 0,3%    |                |  |

| 50 a |    |   |   |                                  |                                      |                      |                        |                                  |                                  |               |             |              |         |  |  |
|------|----|---|---|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------|-------------|--------------|---------|--|--|
|      | Z1 |   |   | Name Bauteilschicht              | GWP<br>kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m²    | ODP<br>kgR11-Äqu./m² | POCP<br>kgC2H4-Äqu./m² | AP<br>kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP<br>kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges<br>MJ/m² | Ee<br>MJ/m² | Ene<br>MJ/m² |         |  |  |
|      | 43 | 0 |   | Epoxidharz-Beschichtung          | 156,36                               | 0,00                 | 0,04                   | 0,41                             | 0,08                             | 2306,04       | 26,69       | 2279,35      |         |  |  |
|      | 15 | 1 |   | Beton B35                        | 67,55                                | 0,00                 | 0,02                   | 0,15                             | 0,02                             | 400,94        | 12,46       | 388,48       |         |  |  |
|      | 15 | 2 |   | Bewehrungsstahl                  | 26,90                                | 0,00                 | 0,01                   | 0,04                             | 0,01                             | 377,57        | 31,59       | 346,56       |         |  |  |
|      | S  |   | S | Ca. Ermittlung aus Daten Dritter | 250,81                               | 3,9E-06              | 6,5E-02                | 6,0E-01                          | 1,1E-01                          | 3084,55       | 70,75       | 3014,20      |         |  |  |
|      |    |   |   |                                  | Vergleich mit Ist-Wert               | 251,89               | 4,0E-06                | 6,6E-02                          | 6,1E-01                          | 1,1E-01       | 3089,10     | 70,82        | 3018,28 |  |  |
|      |    |   |   |                                  | Prozentabweichung Ist-Ca. Ermittlung | 0,3%                 | 0,5%                   | 0,2%                             | 0,2%                             | 0,2%          | 0,1%        | 0,1%         | 0,1%    |  |  |

Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                      |                      |         |
|--------------|----------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 22                   | Anzahl Schichten     | 8       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                      | Gesamtfäche (m²)     | 3135,18 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|----------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| 2             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 3             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 4             | Metallständer CW Profil 50 | 50              | 5,00              |                       | 50                | 2,50            |
| 5             | Dämmung Mineralwolle       | 30              | 4,00              | 100,00%               | 22                | 0,88            |
| 6             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 7             | Gipskartonplatte           | 30              | 1,25              | 100,00%               | 800               | 10,00           |
| 8             | Dispersionsanstrich        | 15              | 0,02              | 100,00%               | 1550              | 0,31            |
| <b>Summe:</b> |                            |                 |                   |                       |                   | <b>44,00</b>    |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien bezogen auf 1m² Bauteilfläche |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
| Erstellungsjahr  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| Erstellungsjahr  | 15,2                           | 7,65E-07          | 0,004   | 0,04                          | 0,005                         | 261,5      | 23,3     | 238,1     |
| Lebenszyklus 50 Jahre  | 28,9                           | 1,68E-06          | 0,005   | 0,07                          | 0,017                         | 491,4      | 45,5     | 445,9     |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |       |       |        |       |       |       |       |       |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | GWP   | ODP   | POCP   | AP    | EP    | Eges  | Ee    | Ene   |
| Erstellung  | 52,6% | 45,5% | 73,8%  | 56,9% | 29,0% | 53,2% | 51,3% | 53,4% |
| Nutzung   | 49,8% | 51,0% | 47,3%  | 51,1% | 52,1% | 54,6% | 49,3% | 56,2% |
| Entsorgung  | -2,4% | 3,5%  | -21,1% | -8,1% | 18,9% | -7,8% | -0,6% | -8,6% |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|---|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|   | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| 2   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 3   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 4   | 28,7%                          | 2,2%              | 47,5%   | 32,2%                         | 23,2%                         | 23,3%      | 8,4%     | 24,7%     |
| 5   | 6,7%                           | 5,0%              | 8,2%  | 13,0%                         | 10,4%                         | 5,2%       | 0,9%     | 5,6%      |
| 6   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 7   | 14,9%                          | 21,0%             | 10,4%   | 12,2%                         | 14,3%                         | 14,5%      | 22,0%    | 13,7%     |
| 8   | 2,6%                           | 4,4%              | 1,4%  | 3,0%                          | 4,6%                          | 6,8%       | 1,3%     | 7,4%      |
| Summe   | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |
|--|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|
|  | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |
| 1  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| 2  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 3  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 4  | 8,1%                           | 6,0%              | 9,7%  | 4,7%                          | 1,9%                          | 5,3%       | 3,9%     | 5,4%      |
| 5  | 10,5%                          | 3,4%              | 13,0%   | 17,5%                         | 7,7%                          | 3,4%       | 0,7%     | 3,6%      |
| 6  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 7  | 18,0%                          | 18,7%             | 17,2%   | 16,0%                         | 19,6%                         | 15,6%      | 22,5%    | 14,9%     |
| 8  | 5,7%                           | 8,0%              | 4,3%  | 6,9%                          | 6,1%                          | 14,5%      | 2,6%     | 15,7%     |
| Summe  | 100,0%                         | 100,0%            | 100,0%  | 100,0%                        | 100,0%                        | 100,0%     | 100,0%   | 100,0%    |

### AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               | Gewicht [kg/m²] | Gesamtfäche (m²) | Gewicht [kg]      |
|---------------|-----------------|------------------|-------------------|
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 0               | 10,00            | 31,35             |
| 36            | 2               | 3135,18          | 7,837,95          |
| 36            | 0               | 3135,18          | 2,759,96          |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 36            | 0               | 3135,18          | 31,351,80         |
| 43            | 0               | 3135,18          | 971,91            |
| <b>Summe:</b> |                 |                  | <b>137.947,92</b> |

3135,18 137.947,92 Kontrolle

#### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|-----------------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|                 | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 4,37              | 1,7E-08                                       | 1,9E-03                       | 1,2E-02                       | 1,1E-03    | 60,84    | 1,95      | 58,89  |  |  |  |
|                 | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 1,01              | 3,9E-08                                       | 3,3E-04                       | 4,9E-03                       | 5,1E-04    | 13,62    | 0,22      | 13,41  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 2,26              | 1,6E-07                                       | 4,2E-04                       | 4,6E-03                       | 7,0E-04    | 37,83    | 5,14      | 32,69  |  |  |  |
|                 | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 0,40              | 3,4E-08                                       | 5,7E-05                       | 1,1E-03                       | 2,3E-04    | 17,83    | 0,29      | 17,54  |  |  |  |
|                 | S  | S                   |                                | 15,22             | 7,7E-07                                       | 4,0E-03                       | 3,7E-02                       | 4,9E-03    | 261,45   | 23,33     | 238,13 |  |  |  |

| 50 a |    |                     |                                |                   |   |                               |                               |            |          |           |        |  |  |  |
|------|----|---------------------|--------------------------------|-------------------|---|-------------------------------|-------------------------------|------------|----------|-----------|--------|--|--|--|
|      | Z1 | Name Bauteilschicht | GWP kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | ODP kgR11-Äqu./m² | POCP kgC <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äqu./m² | AP kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | EP kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | Eges MJ/m² | Ee MJ/m² | Ene MJ/m² |        |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 2                   | Metallständer CW Profil 50     | 1,76              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 25,82    | 1,79      | 24,03  |  |  |  |
|      | 36 | 3                   | Dämmung Mineralwolle           | 3,03              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 16,52    | 0,34      | 16,18  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 36 | 0                   | Gipskartonplatte               | 5,22              | 0,00  | 0,00                          | 0,01                          | 0,00       | 76,58    | 10,25     | 66,33  |  |  |  |
|      | 43 | 0                   | Dispersionsanstrich            | 1,64              | 0,00  | 0,00                          | 0,00                          | 0,00       | 71,38    | 1,18      | 70,21  |  |  |  |
|      | S  | S                   |                                | 28,93             | 1,7E-06                                       | 5,4E-03                       | 6,6E-02                       | 1,7E-02    | 491,42   | 45,49     | 445,93 |  |  |  |



Gebäude: "Züblin Z-Zwo"

|              |                              |                      |         |
|--------------|------------------------------|----------------------|---------|
| Bauteil-Nr.: | 24                           | Anzahl Schichten     | 2       |
| Bauteilname: | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Betrachtungszeitraum | 50      |
|              |                              | Gesamfläche (m²)     | 1853,91 |

| Schicht-Nr.   | Bezeichnung                    | Lebensdauer [a] | Schichtdicke [cm] | Schichtdickenanteil % | Rohdichte [kg/m³] | Gewicht [kg/m²] |
|---------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|
| 1             | Verglasung ESG                 | 30              | 0,80              |                       | 2500              | 20,00           |
| 2             | Metallständer, Alu beschichtet | 50              | 10,00             |                       |                   | 11,76           |
| <b>Summe:</b> |                                |                 |                   |                       |                   | 31,76           |

| Ökologische Wirkung des Bauteils nach Kategorien |                            |               |                |                            |                            |       |       |       |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
| bezogen auf 1m² Bauteilfläche                    |                            |               |                |                            |                            |       |       |       |  |
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges  | Ee    | Ene   |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m² | MJ/m² | MJ/m² |  |
| Erstellungsjahr                                  | 40,2                       | 9,98E-07      | 0,017          | 0,17                       | 0,023                      | 625,4 | 13,6  | 611,8 |  |
| Lebenszyklus 50 Jahre                            | 48,9                       | 2,30E-06      | 0,018          | 0,25                       | 0,040                      | 801,6 | 17,3  | 784,4 |  |

| Ökologische Wirkung, Gegliedert nach Erstellungs-, Nutzungs- und Entsorgungsphase über den Lebenszyklus |        |       |        |        |       |        |       |        |  |
|---|--------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|--|
|   | GWP    | ODP   | POCP   | AP     | EP    | Eges   | Ee    | Ene    |  |
|   |        |       |        |        |       |        |       |        |  |
| Erstellung  | 82,2%  | 43,5% | 92,5%  | 69,0%  | 56,9% | 78,0%  | 78,9% | 78,0%  |  |
| Nutzung   | 41,5%  | 39,7% | 43,1%  | 47,1%  | 48,2% | 42,4%  | 25,7% | 42,8%  |  |
| Entsorgung  | -23,7% | 16,8% | -35,8% | -16,1% | -5,1% | -20,4% | -4,6% | -20,8% |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien im Erstellungsjahr |                            |               |                |                            |                            |        |        |        |  |
|---|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--|
|   | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee     | Ene    |  |
|   | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m²  | MJ/m²  |  |
| 1   | 48,9%                      | 92,1%         | 46,0%          | 67,6%                      | 76,6%                      | 54,2%  | 32,8%  | 54,7%  |  |
| 2   | 51,1%                      | 7,9%          | 54,0%          | 32,4%                      | 23,4%                      | 45,8%  | 67,2%  | 45,3%  |  |
| Summe   | 100,0%                     | 100,0%        | 100,0%         | 100,0%                     | 100,0%                     | 100,0% | 100,0% | 100,0% |  |

| Ökologische Wirkung der Bauteilschichten nach Kategorien über den Lebenszyklus von 50 Jahren |                            |               |                |                            |                            |        |        |        |  |
|--|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|--------|--------|--|
|  | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee     | Ene    |  |
|  | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m²  | MJ/m²  |  |
| 1  | 83,0%                      | 79,5%         | 86,1%          | 94,3%                      | 96,3%                      | 84,9%  | 51,4%  | 85,6%  |  |
| 2  | 17,0%                      | 20,5%         | 13,9%          | 5,7%                       | 3,7%                       | 15,1%  | 48,6%  | 14,4%  |  |
| Summe  | 100,0%                     | 100,0%        | 100,0%         | 100,0%                     | 100,0%                     | 100,0% | 100,0% | 100,0% |  |

## AUSWERTUNG durch Ed. Züblin AG auf Basis der Ökobilanzierung TU Darmstadt

|               |   |  |  |  |  | Gewicht [kg/m²] | Gesamtlänge (m) | Gewicht [kg] |
|---------------|---|--|--|--|--|-----------------|-----------------|--------------|
| 36            | 5 |  |  |  |  | 20,00           | 1853,91         | 37.078,20    |
| 36            | 2 |  |  |  |  | 11,76           | 1853,91         | 21.801,98    |
| <b>Summe:</b> |   |  |  |  |  | 31,76           |                 | 58.880,18    |

1853,91 58.880,18 Kontrolle

### Auswertung Ed. Züblin AG

| Erstellungsjahr |  |  |   |   |                                |                            |               |                |                            |                            |        |       |        |
|-----------------|--|--|---|---|--------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|
|                 |  |  |   |   | Name Bauteilschicht            | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |
|                 |  |  |   |   |                                | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |
|                 |  |  |   |   | Verglasung ESG                 | 19,62                      | 0,00          | 0,01           | 0,12                       | 0,02                       | 339,23 | 4,47  | 334,75 |
|                 |  |  |   |   | Metallständer, Alu beschichtet | 20,53                      | 0,00          | 0,01           | 0,06                       | 0,01                       | 286,20 | 9,17  | 277,03 |
|                 |  |  | S | S |                                | 40,16                      | 1,0E-06       | 1,7E-02        | 1,7E-01                    | 2,3E-02                    | 625,43 | 13,65 | 611,78 |
|                 |  |  |   |   |                                | 1,0                        | 1,0           | 1,0            | 1,0                        | 1,0                        | 1,0    | 1,0   | 1,0    |

| 50 a |  |  |   |   |                                |                            |               |                |                            |                            |        |       |        |
|------|--|--|---|---|--------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|----------------------------|----------------------------|--------|-------|--------|
|      |  |  |   |   | Name Bauteilschicht            | GWP                        | ODP           | POCP           | AP                         | EP                         | Eges   | Ee    | Ene    |
|      |  |  |   |   |                                | kgCO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgR11-Äqu./m² | kgC2H4-Äqu./m² | kgSO <sub>2</sub> -Äqu./m² | kgPO <sub>4</sub> -Äqu./m² | MJ/m²  | MJ/m² | MJ/m²  |
|      |  |  |   |   | Verglasung ESG                 | 40,58                      | 0,00          | 0,02           | 0,24                       | 0,04                       | 680,21 | 8,88  | 671,33 |
|      |  |  |   |   | Metallständer, Alu beschichtet | 8,25                       | 0,00          | 0,00           | 0,01                       | 0,00                       | 121,43 | 8,41  | 113,03 |
|      |  |  | S | S |                                | 48,83                      | 2,3E-06       | 1,8E-02        | 2,5E-01                    | 4,0E-02                    | 801,65 | 17,29 | 784,35 |
|      |  |  |   |   |                                | 1,0                        | 1,0           | 1,0            | 1,0                        | 1,0                        | 1,0    | 1,0   | 1,0    |

**Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile**  
 von Ed. Züblin AG

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              | Spezialbauteile         |                      | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                           | Spezialbauteile          |                      | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                              | Spezialbauteile               |                     |                                   |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--|
|             |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                                    | 6                         | 7                        | 8                    | 9                                    | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                |  |
| BT-Name     |  | 17                                    | 19                           | ZZwo9                   | ZZwo23               | 23                                   | 15                        | ZZwo13                   | 11                   | 7                                    | ZZwo24                       | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                             |  |
|             |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 GiKa Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton           | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich            | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                              | 1.084,0                   | 2.476,1                  | 2.353,3              | 2.262,3                              | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                             |  |
| %           |  | 14,0%                                 | 10,6%                        | 9,9%                    | 8,2%                 | 8,0%                                 | 2,8%                      | 6,5%                     | 6,2%                 | 5,9%                                 | 4,9%                         | 3,5%                          | 3,3%                | 2,6%                              |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche 34.411,5 m²                    |                              | alle Bte 38.089,7       |                      | 90,34%                               |                           |                          |                      |                                      |                              |                               |                     |                                   |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                                | 4,0                       | 30,3                     | 1.015,2              | 959,7                                | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                             |  |
| Σ kg        |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                          | 4.336,2                   | 75.087,3                 | 2.389.111,8          | 2.171.145,1                          | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                         |  |
| %           |  | 17,15%                                | 11,66%                       | 27,72%                  | 0,57%                | 6,01%                                | 0,02%                     | 0,31%                    | 9,82%                | 8,92%                                | 0,24%                        | 4,58%                         | 2,56%               | 3,25%                             |  |
| alle 13 Bte |  | Σ kg 22.580.781,8                     |                              | alle Bte 24.331.789     |                      | 92,80%                               |                           |                          |                      |                                      |                              | kg                            |                     |                                   |  |

| Gewerkespezifische Verteilung - Gewicht |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
|---|--|------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|   |  |                  | DE7    | DE9         | BoPL2       | WA5         | WA6       | SS2         | FF2      | DE8      | WA8         | WA4         | DE6       | WA7         | DE5       |           |
| 15                                      |  | 21.411.222,2     | 94,8%  | 3.712.858,4 | 2.813.398,4 | 6.721.775,5 |           | 1.396.538,1 |          |          | 2.344.046,3 | 2.170.443,7 | 942.794,1 | 602.746,2   | 706.621,6 |           |
| 21                                      |  | 216.130,0        | 1,0%   |             |             |             |           |             |          | 45.065,5 |             |             | 171.064,5 |             |           |           |
| 24                                      |  | 75.087,3         | 0,3%   |             |             |             |           |             | 75.087,3 |          |             |             |           |             |           |           |
| 25                                      |  | 19.240,2         | 0,1%   |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           | 19.240,2    |           |           |
| 26                                      |  | 4.336,2          | 0,0%   |             |             |             |           | 4.336,2     |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 27                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 31                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 32                                      |  | 63.935,1         | 0,3%   |             |             |             |           | 63.935,1    |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 33                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 34                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 35                                      |  | 5.046,3          | 0,0%   | 4.260,0     |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             | 786,3     |           |
| 36                                      |  | 194.894,3        | 0,9%   |             |             |             | 136.004,1 |             |          |          |             | 58.880,2    |           |             |           |           |
| 37                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 38                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 39                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 40                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 41                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 42                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 43                                      |  | 52.960,7         | 0,2%   | 1.650,8     | 24.209,9    | 22.701,3    | 1.943,8   | 943,8       |          |          | 701,3       |             | 419,2     | 390,6       |           |           |
| 44                                      |  | 537.939,4        | 2,4%   | 454.116,0   |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             | 83.823,4  |           |
| 45                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 46                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 47                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| 48                                      |  |                  |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |
| Gewicht                                 |  | Σ = 22.580.781,8 | 100,0% | 4.172.885,1 | 2.837.608,3 | 6.744.476,8 | 137.947,9 | 1.461.417,0 | 4.336,2  | 75.087,3 | 2.389.111,8 | 2.171.145,1 | 58.880,2  | 1.114.277,7 | 622.377,0 | 791.231,3 |
|   |  | 22.580.781,8     |        |             |             |             |           |             |          |          |             |             |           |             |           |           |

| Metallgruppen Verteilung - Gewicht |           |                  |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
|------------------------------------|-----------|------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|
|                                    |           |                  | DE7    | DE9         | BoPL2       | WA5         | WA6       | SS2         | FF2      | DE8         | WA8         | WA4         | DE6       | WA7         | DE5       |           |
| 0                                  | Sonstiges | 992.223,9        | 4,4%   | 455.873,3   | 34.209,9    | 22.701,3    | 127.351,0 | 64.878,9    | 1.052,2  | 45.065,5    | 701,3       |             | 167.156,7 | 390,6       | 83.843,1  |           |
| 1                                  | Beton     | 20.257.293,8     | 89,7%  | 3.519.640,7 | 2.666.231,0 | 6.376.783,8 |           | 1.317.222,0 |          | 2.221.430,5 | 2.044.096,6 |             | 893.477,0 | 569.920,7   | 649.491,5 |           |
| 2                                  | Metall    | 1.204.890,5      | 5,3%   | 198.371,2   | 147.167,4   | 344.991,7   | 7.838,0   | 79.316,1    | 4.336,2  | 21.665,8    | 122.615,8   | 126.347,2   | 21.802,0  | 49.317,1    | 44.505,7  |           |
| 3                                  | Dämmung   | 35.926,1         | 0,2%   |             |             |             | 2.759,0   |             |          |             |             |             |           | 4.326,9     | 7.560,0   |           |
| 4                                  |           |                  |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |
| 5                                  | Glas      | 89.447,5         | 0,4%   |             |             |             |           |             | 52.369,3 |             |             | 37.078,2    |           |             |           |           |
| Gewicht                            |           | Σ = 22.580.781,8 | 100,0% | 4.172.885,1 | 2.837.608,3 | 6.744.476,8 | 137.947,9 | 1.461.417,0 | 4.336,2  | 75.087,3    | 2.389.111,8 | 2.171.145,1 | 58.880,2  | 1.114.277,7 | 622.377,0 | 791.231,3 |
|                                    |           | 22.580.781,8     |        |             |             |             |           |             |          |             |             |             |           |             |           |           |



Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2                            | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9                         | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo9                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo4                        | ZZwo10                        | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FUW2 Gika Wand | Z-Zwo FUW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FUW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 34.411,5 m²                           |                              | 38.089,7                |                      | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 490,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 824,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 22.580.781,8                          |                              | 24.331.789              |                      | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 21.036.122,3 | 47,4%       | 3.559.227,7 | 2.680.230,2 | 6.350.417,0 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdich | 3.727.397,9  | 8,4%        |             |             | 1.392.331,3 |             | 2.233.094,2 | 2.194.313,3 |             | 903.783,2   | 601.559,6   | 1.121.165,8 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 5.236.616,8  | 11,8%       |             |             |             |             | 5.236.616,8 | 2.689.351,9 |             | 1.038.046,0 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 2.077.593,4  | 4,7%        |             |             |             |             |             |             |             |             | 2.077.593,4 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.991.498,8  | 4,5%        |             |             |             | 1.991.498,8 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 80.357,9     | 0,2%        |             |             | 80.357,9    |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 391.920,3    | 0,9%        | 330.850,0   |             |             |             |             |             |             |             |             | 61.070,3    |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 1.867.388,3  | 4,2%        |             |             | 707.899,8   |             |             |             | 1.159.488,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 6.643.839,5  | 15,0%       | 94.951,1    | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 111.808,0   | 54.287,6    |             |             | 40.340,2    | 24.110,6    | 22.467,3    |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 1.328.516,9  | 3,0%        | 1.121.503,2 |             |             |             |             |             |             |             |             | 207.013,7   |             |
| Σ=           |    | 100,0%     | 5.106.532,1  | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
44.381.252,0  
4086,7 pro NGF  
alle Bte: 4543,47 89,9%

Gewerkespezifische Verteilung - PEGes --- 50a

| Spaltenbezug | X% | DE7        | DE9          | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|--------------|----|------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 15           | 15 | Beton/Stah | 24.680.224,9 | 39%          | 4.169.828,1  | 3.142.909,2 | 7.440.843,3 |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 21           | 21 | Dachabdich | 7.282.502,3  | 12%          |              |             | 1.621.216,1 |             | 2.618.585,6 | 2.549.651,9 |             | 1.058.830,9 | 704.759,7   | 1.373.600,3 |             |
| 24           | 24 | Fensterete | 2.687.176,8  | 4%           |              |             |             |             | 2.687.176,8 | 5.233.657,5 |             | 2.048.844,8 |             |             |             |
| 25           | 25 | Fassadenv  | 1.534.928,9  | 2%           |              |             |             |             |             |             |             |             | 1.534.928,9 |             |             |
| 26           | 26 | Sonnensch  | 1.254.590,7  | 2%           |              |             |             | 1.254.590,7 |             |             |             |             |             |             |             |
| 32           | 32 | Innenputz  | 100.900,3    | 0%           |              |             | 100.900,3   |             |             |             |             |             |             |             |             |
| 35           | 35 | Bodenbelä  | 765.013,2    | 1%           | 645.806,4    |             |             |             |             |             |             |             |             | 119.206,8   |             |
| 36           | 36 | Einbauwär  | 2.579.388,6  | 4%           |              |             | 1.093.108,0 |             |             |             | 1.486.181,5 |             |             |             |             |
| 43           | 43 | Malerarbei | 18.422.822,0 | 31%          | 380.107,6    | 9.304.840,9 | 8.725.010,7 | 447.589,0   | 217.323,7   |             |             | 161.489,7   | 96.519,5    | 89.940,9    |             |
| 44           | 44 | Hohlraum   | 2.501.780,8  | 4%           | 2.111.945,4  |             |             |             |             |             |             |             |             | 389.835,4   |             |
| Σ=           |    | 100,0%     | 7.307.687,5  | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
62.809.229,4  
5783,5 pro NGF  
alle Bte: 6204,46 93,22%

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- HERSTELLUNG

|    |           | DE7          | DE9         | BoPL2       | WA5         | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|----|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0  | Sonstiges | 12.248.693,5 | 27,6%       | 1.446.220,6 | 3.249.173,2 | 3.046.701,3 | 586.241,3   | 134.645,5   | 76.620,8    | 2.689.351,9 | 40.340,2    | 707.506,1   | 22.467,3    | 249.425,3   |             |
| 1  | Beton     | 8.886.387,5  | 20,0%       | 1.555.580,3 | 1.161.878,6 | 2.791.077,9 |             | 574.013,3   |             | 968.045,3   | 890.787,6   | 394.998,4   | 262.911,6   | 287.134,5   |             |
| 2  | Metall    | 20.712.987,0 | 46,7%       | 2.104.751,1 | 1.518.351,6 | 3.559.339,1 | 190.752,2   | 818.318,0   | 1.991.498,8 | 4.234.297,6 | 1.265.048,8 | 1.303.545,7 | 530.594,8   | 388.507,4   |             |
| 3  | Dämmung   | 978.591,9    | 2,2%        |             |             |             | 42.714,4    |             |             |             |             |             | 354.650,6   | 117.044,4   |             |
| 4  |           |              |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 464.182,5   |             |
| 5  | Glas      | 1.554.592,1  | 3,5%        |             |             |             |             |             | 925.698,3   |             |             | 628.893,7   |             |             |             |
| Σ= |           | 100,0%       | 5.106.532,1 | 5.929.403,4 | 9.397.118,3 | 819.707,8   | 1.526.976,8 | 1.991.498,8 | 5.236.616,8 | 4.922.446,0 | 2.234.653,5 | 1.159.488,5 | 1.965.939,8 | 2.701.620,4 | 1.389.249,7 |

S 44.381.252,0  
44.381.252,0

Materialspezifische Verteilung - PEGes --- 50 a

|    |           | DE7          | DE9         | BoPL2        | WA5          | WA6         | SS2         | FF2         | DE8         | WA8         | WA4         | DE6         | WA7         | DE5         |             |
|----|-----------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0  | Sonstiges | 30.413.305,9 | 48,4%       | 3.094.970,4  | 9.304.840,9  | 8.725.010,7 | 1.407.965,3 | 318.224,0   | 140.415,1   | 5.233.657,5 | 161.489,7   | 1.435.665,9 | 89.940,9    | 501.125,4   |             |
| 1  | Beton     | 12.338.786,7 | 19,6%       | 2.157.248,0  | 1.617.804,1  | 3.865.672,5 |             | 799.258,2   |             | 1.347.909,9 | 1.240.308,0 | 547.783,0   | 364.605,3   | 398.197,6   |             |
| 2  | Metall    | 15.982.880,8 | 25,4%       | 2.055.469,1  | 1.525.105,1  | 3.575.170,8 | 80.934,7    | 821.957,8   | 1.254.590,7 | 1.333.746,9 | 1.270.675,7 | 1.309.343,8 | 225.127,2   | 511.047,9   |             |
| 3  | Dämmung   | 1.600.186,8  | 2,5%        |              |              |             | 51.797,1    |             |             |             |             |             | 709.698,3   | 234.782,7   |             |
| 4  |           |              |             |              |              |             |             |             |             |             |             |             |             | 603.908,7   |             |
| 5  | Glas      | 2.474.069,2  | 3,9%        |              |              |             |             |             | 1.213.014,8 |             |             | 1.261.054,4 |             |             |             |
| Σ= |           | 100,0%       | 7.307.687,5 | 12.447.750,1 | 16.165.854,0 | 1.540.697,0 | 1.939.440,1 | 1.254.590,7 | 2.687.176,8 | 7.852.243,1 | 2.711.141,5 | 1.486.181,5 | 3.204.195,2 | 2.329.629,5 | 1.882.642,4 |

S 62.809.229,4  
62.809.229,4

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile            |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                    | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                         | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strahlwand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                    | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche 34.411,5 m²                    |                              | alle Bte 38.089,7       |                      | 90,34%               |                           |                                      |                      |                           |                            |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                       | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                   | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg 22.580.781,8                      |                              | alle Bte 24.331.789     |                      | 92,80%               |                           |                                      |                      |                           |                            |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | S/S | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----|-------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 15 | 2.487.544,4 | 65,8%   | 429.141,8 | 322.017,3 | 766.550,2 |           |           |           | 268.296,0 | 256.377,7 |           | 108.970,6 | 72.531,0  | 99.926,5  |           |
| 21 | 88.143,8    | 2,3%    |           |           |           | 163.733,3 |           |           | 61.187,9  |           |           | 26.955,9  |           |           |           |
| 24 | 321.366,8   | 8,5%    |           |           |           |           |           | 321.366,8 |           |           |           |           |           |           |           |
| 25 | 131.750,1   | 3,5%    |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 131.750,1 |           |           |
| 26 | 124.929,1   | 3,3%    |           |           |           |           | 124.929,1 |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32 | 14.304,4    | 0,4%    |           |           |           | 14.304,4  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35 | 25.224,4    | 0,7%    | 21.293,9  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 3.930,6   |           |
| 36 | 119.673,1   | 3,2%    |           |           | 45.228,7  |           |           |           |           |           | 74.444,4  |           |           |           |           |
| 37 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43 | 388.483,5   | 10,3%   | 2.120,4   | 196.478,2 | 184.234,7 | 2.496,8   | 1.212,3   |           | 900,9     |           |           | 538,4     | 501,7     |           |           |
| 44 | 76.888,4    | 2,0%    | 64.907,4  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 11.981,0  |           |
| 45 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48 |             |         |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Σ= | 3.778.308,0 | 100,0%  | 517.463,5 | 518.495,5 | 950.784,9 | 47.725,5  | 179.250,1 | 124.929,1 | 321.366,8 | 329.483,8 | 257.278,6 | 74.444,4  | 136.464,9 | 204.782,9 | 115.838,1 |
| S  | 3.778.308,0 |         | 97,2      | 128,5     | 251,3     | 15,2      | 58,9      | 115,2     | 129,8     | 140,0     | 113,7     | 40,2      | 100,9     | 162,5     | 117,9     |
|    | 347,9       | pro NGF | 97,2      | 128,5     | 251,3     | 15,2      | 58,9      | 115,2     | 129,8     | 140,0     | 113,7     | 40,2      | 100,9     | 162,5     | 117,9     |
|    |             |         | alle Bte: |           | 384,9     | 90,4%     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

Gewerkspezifische Verteilung - GWP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | S/S | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----|-------------|---------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 15 | 2.959.546,8 | 56%     | 507.117,9 | 381.103,2   | 909.464,8   |           |           |           | 317.524,7 | 302.147,1 |           | 128.770,8 | 85.710,1  | 134.554,1 |           |
| 21 | 210.696,6   | 4%      |           |             |             | 193.154,1 |           |           | 141.219,3 |           |           | 69.479,4  |           |           |           |
| 24 | 246.614,6   | 5%      |           |             |             |           |           | 246.614,6 |           |           |           |           |           |           |           |
| 25 | 91.267,0    | 2%      |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           | 91.267,0  |           |           |
| 26 | 69.719,8    | 1%      |           |             |             |           | 69.719,8  |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 31 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 32 | 25.480,0    | 0%      |           |             |             | 25.480,0  |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 33 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 34 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 35 | 52.459,7    | 1%      | 44.285,3  |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 8.174,4   |           |
| 36 | 171.096,2   | 3%      |           |             | 80.492,1    |           |           |           |           |           | 90.604,1  |           |           |           |           |
| 37 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 38 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 39 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 40 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 41 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 42 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 43 | 1.254.422,0 | 24%     | 8.711,3   | 630.906,3   | 591.591,5   | 10.257,9  | 4.980,6   |           | 3.701,0   |           |           | 2.212,0   | 2.061,3   |           |           |
| 44 | 178.515,3   | 3%      | 150.696,4 |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 27.816,8  |           |
| 45 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 46 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 47 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 48 |             |         |           |             |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| Σ= | 5.259.820,1 | 100,0%  | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9  | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1  | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
| S  | 5.259.820,1 |         | 133,5     | 250,8       | 396,7       | 28,9      | 73,4      | 64,3      | 99,6      | 194,9     | 135,2     | 48,9      | 148,3     | 142,1     | 173,5     |
|    | 484,3       | pro NGF | 133,5     | 250,8       | 396,7       | 28,9      | 73,4      | 64,3      | 99,6      | 194,9     | 135,2     | 48,9      | 148,3     | 142,1     | 173,5     |
|    |             |         | alle Bte: |             | 525,60      | 92,1%     |           |           |           |           |           |           |           |           |           |

Materialspezifische Verteilung - GWP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |             |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |
|----|-----------|-------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0  | Sonstiges | 603.430,6   | 16,0%  | 81.089,6  | 196.478,2 | 184.234,7 | 30.863,5 | 15.516,7  | 2.197,6   | 61.187,9  | 900,9     | 15.906,8 | 501,7     | 14.572,9  |           |
| 1  | Beton     | 1.670.994,3 | 44,2%  | 292.683,3 | 218.610,9 | 524.143,6 |          | 108.002,3 |           | 182.140,6 | 167.600,6 | 74.320,1 | 49.467,6  | 54.025,2  |           |
| 2  | Metall    | 1.369.775,5 | 36,3%  | 143.710,5 | 103.406,4 | 242.406,5 | 13.685,1 | 55.731,0  | 124.929,1 | 265.622,6 | 86.155,3  | 34.650,5 | 146.108,2 | 26.526,9  |           |
| 3  | Dämmung   | 44.182,7    | 1,2%   |           |           |           | 3.176,9  |           |           |           |           | 11.587,5 | 8.705,3   | 20.713,0  |           |
| 4  |           |             |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5  | Glas      | 89.924,9    | 2,4%   |           |           |           |          |           | 53.546,7  |           |           | 36.378,2 |           |           |           |
| Σ= |           | 3.778.308,0 | 100,0% | 517.463,5 | 518.495,5 | 950.784,9 | 47.725,5 | 179.250,1 | 124.929,1 | 321.366,8 | 257.278,6 | 74.444,4 | 136.464,9 | 204.782,9 | 115.838,1 |
| S  |           | 3.778.308,0 |        |           |           |           |          |           |           |           |           |          |           |           |           |

Materialspezifische Verteilung - GWP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |             |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
|----|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0  | Sonstiges | 1.765.689,2 | 33,6%  | 200.766,9 | 630.906,3   | 591.591,5   | 75.719,6 | 30.460,6  | 5.596,7   | 141.219,3 | 3.701,0   | 48.215,3  | 2.061,3  | 35.450,7  |           |           |
| 1  | Beton     | 2.083.346,3 | 39,6%  | 363.900,6 | 272.575,4   | 655.052,6   |          | 134.662,9 |           | 227.102,4 | 208.973,1 | 92.404,1  | 61.504,3 | 67.170,9  |           |           |
| 2  | Metall    | 1.076.796,8 | 20,5%  | 146.145,5 | 108.527,8   | 254.412,2   | 5.525,8  | 58.491,2  | 69.719,8  | 74.118,7  | 90.422,4  | 93.174,0  | 15.370,4 | 36.366,7  |           |           |
| 3  | Dämmung   | 91.864,8    | 1,7%   |           |             |             | 9.504,6  |           |           |           |           | 23.476,1  | 17.936,8 | 40.947,3  |           |           |
| 4  |           |             |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |
| 5  | Glas      | 242.133,0   | 4,6%   |           |             |             |          |           | 166.899,2 |           |           | 75.233,7  |          |           |           |           |
| Σ= |           | 5.259.820,1 | 100,0% | 710.812,9 | 1.012.009,5 | 1.501.056,3 | 90.749,9 | 223.614,8 | 69.719,8  | 246.614,6 | 458.744,0 | 305.848,1 | 90.604,1 | 200.462,2 | 179.038,3 | 170.545,4 |
| S  |           | 5.259.820,1 |        |           |             |             |          |           |           |           |           |           |          |           |           |           |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                                |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                             | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo8                   | ZZwo2                | 23                         | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo4                        | ZZwo10                         | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrünnt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                        | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                            | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                           |                              |                                |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                          | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                    | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg                                   |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                            | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                           |                              |                                |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,26E-01 | 70,5%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 1,91E-03 | 1,1%   |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 2,09E-02 | 11,7%  |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 8,59E-03 | 4,8%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 8,61E-03 | 4,8%   |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 5,55E-04 | 0,3%   |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 6,88E-04 | 0,4%   | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 36 | 4,04E-03 | 2,3%   |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |
| 37 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 6,60E-04 | 0,4%   | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 6,89E-03 | 3,9%   | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |          | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 0,2 5,30E-06 4,04E-06 1,02E-05 7,65E-07 3,01E-06 7,94E-06 8,45E-06 6,36E-06 5,98E-06 9,98E-07 4,49E-06 9,76E-06 6,31E-06  
 1) 1,65E-05 pro NGF alle Bte: 1,8384E-05 89,6% 1)

Gewerkespezifische Verteilung - ODP --- 50a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | T1 | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 15 | 1,29E-01 | 71%    | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 21 | 3,38E-03 | 2%     |     |     |     |     |     |     | 0,0 | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 24 | 1,04E-02 | 6%     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |
| 25 | 6,76E-03 | 4%     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |
| 26 | 6,05E-03 | 3%     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 27 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 31 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 32 | 8,15E-04 | 0%     |     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |
| 33 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 34 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35 | 1,34E-03 | 1%     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |     |     | 0,0 |
| 36 | 8,68E-03 | 5%     |     |     |     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 37 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 38 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 39 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 41 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 42 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 43 | 1,02E-03 | 1%     | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |     |     | 0,0 |     | 0,0 | 0,0 |     |
| 44 | 1,35E-02 | 7%     | 0,0 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0,0 |
| 45 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 46 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 47 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 48 |          |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |          | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 0,2 6,64E-06 3,93E-06 1,02E-05 1,68E-06 3,26E-06 5,58E-06 4,22E-06 6,98E-06 6,21E-06 2,30E-06 4,93E-06 8,47E-06 8,00E-06  
 1) 1,67E-05 pro NGF alle Bte: 1,8545E-05 90,1%

Materialspezifische Verteilung - ODP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0 | 6,9%   | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0 | 25,3%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1 | 64,4%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0 | 1,0%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0 | 2,4%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           |     | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Materialspezifische Verteilung - ODP --- 50 a

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----|-----------|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0  | Sonstiges | 0,0 | 12,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 1  | Beton     | 0,0 | 28,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2  | Metall    | 0,1 | 54,8%  | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3  | Dämmung   | 0,0 | 1,7%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4  |           |     |        |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5  | Glas      | 0,0 | 4,0%   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Σ= |           |     | 100,0% | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

S 0,2 0,2

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                            |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                          | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand Beton | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5                    | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 34.411,5 m <sup>2</sup>               |                              | 38.089,7                |                      | 90,34%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                      | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0                | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | 22.580.781,8                          |                              | 24.331.789              |                      | 92,80%                     |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG

| Spaltenbezug | U/U      | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2  | FF2   | DE8   | WA8  | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|--------------|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 15           | 5,28E+02 | 51,5% | 90,2  | 67,8  | 161,2 |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 21           | 2,53E+01 | 2,5%  |       |       |       | 34,7 |      |       | 56,5  | 54,5 |      | 22,9 | 15,2 | 23,0 |      |
| 24           | 1,43E+02 | 14,0% |       |       |       |      |      | 143,2 | 12,9  |      |      | 12,3 |      |      |      |
| 25           | 5,91E+01 | 5,8%  |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      | 59,1 |      |      |
| 26           | 5,70E+01 | 5,6%  |       |       |       |      | 57,0 |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 31           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 32           | 1,84E+01 | 1,8%  |       |       |       | 18,4 |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 33           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 34           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 35           | 1,40E+01 | 1,4%  | 11,8  |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      | 2,2  |      |
| 36           | 4,30E+01 | 4,2%  |       |       |       | 12,2 |      |       |       |      | 30,8 |      |      |      |      |
| 37           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 38           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 39           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 40           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 41           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 42           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 43           | 1,03E+02 | 10,1% | 0,3   | 52,8  | 49,5  | 0,4  | 0,2  |       |       | 0,1  |      | 0,1  | 0,1  |      |      |
| 44           | 3,26E+01 | 3,2%  | 27,5  |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      | 5,1  |      |
| 45           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 46           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 47           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| 48           |          |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |      |
| Σ=           | 100,0%   |       | 129,8 | 120,6 | 210,7 | 12,6 | 53,3 | 57,0  | 143,2 | 69,4 | 54,6 | 30,8 | 35,3 | 74,4 | 30,2 |

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|          |         |            |          |       |
|----------|---------|------------|----------|-------|
| 9,41E-02 | pro NGF | alle Btle: | 1,05E-01 | 89,4% |
|----------|---------|------------|----------|-------|

Gewerkespezifische Verteilung - POCP --- 50a

| Spaltenbezug | U/U      | DE7 | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2   | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|--------------|----------|-----|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 15           | 8,01E+02 | 52% | 137,3 | 103,5 | 245,5 |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 21           | 5,46E+01 | 4%  |       |       |       | 52,4 |       |      | 86,2 | 81,9  |      | 34,9 | 23,2 | 36,7 |      |
| 24           | 8,21E+01 | 5%  |       |       |       |      |       | 82,1 | 27,9 |       |      | 26,8 |      |      |      |
| 25           | 3,99E+01 | 3%  |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      | 39,9 |      |      |
| 26           | 3,30E+01 | 2%  |       |       |       |      | 33,0  |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 31           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 32           | 6,88E+01 | 4%  |       |       |       | 68,8 |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 33           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 34           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 35           | 2,81E+01 | 2%  | 23,7  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 4,4  |      |
| 36           | 4,89E+01 | 3%  |       |       |       | 15,6 |       |      |      |       | 33,3 |      |      |      |      |
| 37           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 38           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 39           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 40           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 41           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 42           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 43           | 3,18E+02 | 21% | 1,2   | 160,5 | 150,5 | 1,5  | 0,7   |      |      | 0,5   |      | 0,3  | 0,3  |      |      |
| 44           | 6,41E+01 | 4%  | 54,2  |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      | 10,0 |      |
| 45           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 46           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 47           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| 48           |          |     |       |       |       |      |       |      |      |       |      |      |      |      |      |
| Σ=           | 100,0%   |     | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1 | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

|          |         |            |          |       |
|----------|---------|------------|----------|-------|
| 1,42E-01 | pro NGF | alle Btle: | 1,53E-01 | 92,7% |
|----------|---------|------------|----------|-------|

Materialspezifische Verteilung - POCP --- HERSTELLUNG

|    |           | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6  | SS2  | FF2  | DE8   | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 192,2 | 18,8% | 36,4  | 52,8  | 49,5 | 5,6  | 18,6 | 1,1   | 12,9  | 0,1  | 8,3  | 0,1  | 6,7  |      |
| 1  | Beton     | 308,3 | 30,2% | 54,0  | 40,3  | 96,8 |      | 19,9 |       | 33,6  | 30,9 | 13,7 | 9,1  | 10,0 |      |
| 2  | Metall    | 472,3 | 46,2% | 39,4  | 27,5  | 64,4 | 6,0  | 14,8 | 57,0  | 121,2 | 22,9 | 23,6 | 16,6 | 62,4 |      |
| 3  | Dämmung   | 14,3  | 1,4%  |       |       |      | 1,0  |      |       |       |      |      | 4,1  | 2,8  |      |
| 4  |           |       |       |       |       |      |      |      |       |       |      |      |      | 6,3  |      |
| 5  | Glas      | 35,0  | 3,4%  |       |       |      |      |      | 20,8  |       |      | 14,2 |      |      |      |
| Σ= | 100,0%    |       | 129,8 | 120,6 | 210,7 | 12,6 | 53,3 | 57,0 | 143,2 | 69,4  | 54,6 | 30,8 | 35,3 | 74,4 | 30,2 |

Materialspezifische Verteilung - POCP --- 50 a

|    |           | DE7   | DE9   | BoPL2 | WA5   | WA6   | SS2   | FF2  | DE8  | WA8   | WA4  | DE6  | WA7  | DE5  |      |
|----|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 536,2 | 34,9% | 78,3  | 160,5 | 150,5 | 13,2  | 69,5 | 2,4  | 27,9  | 0,5  | 18,9 | 0,3  | 14,2 |      |
| 1  | Beton     | 573,0 | 37,3% | 100,1 | 75,2  | 179,3 |       | 37,2 |      | 62,7  | 57,7 | 25,4 | 16,9 | 18,5 |      |
| 2  | Metall    | 326,7 | 21,3% | 36,1  | 28,2  | 66,1  | 1,7   | 15,2 | 33,0 | 35,1  | 23,5 | 24,2 | 4,6  | 7,0  |      |
| 3  | Dämmung   | 27,5  | 1,8%  |       |       |       | 2,2   |      |      |       |      |      | 8,2  | 5,7  |      |
| 4  |           |       |       |       |       |       |       |      |      |       |      |      |      | 11,4 |      |
| 5  | Glas      | 73,4  | 4,8%  |       |       |       |       |      | 44,7 |       |      | 28,7 |      |      |      |
| Σ= | 100,0%    |       | 216,5 | 264,0 | 396,0 | 17,1  | 121,9 | 33,0 | 82,1 | 114,1 | 82,4 | 33,3 | 62,0 | 63,4 | 51,1 |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |              | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                               |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |          |  | Spezialbauteile |  |  |
|---|--------------|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------|--|-----------------|--|--|
|   |              | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                    | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                            | 12                  | 13                                   |          |  |                 |  |  |
| BT-Name   |              | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (Begrünt) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |          |  |                 |  |  |
|   | Fläche       | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                       | 1.260,0             | 982,9                                |          |  |                 |  |  |
|   |              | 15,3%                                 | 11,7%                        | 11,0%                   | 9,1%                 | 8,8%                 | 7,4%                      | 7,2%                                 | 6,8%                 | 6,8%                      | 5,4%                         | 3,9%                          | 3,7%                | 2,9%                                 |          |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte   | Fläche       | 34.411,5 m²                           |                              | alle Bte                | 38.089,7             | 90,34%               |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
|   | kg/Flä       | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                         | 494,0               | 805,0                                |          |  |                 |  |  |
|   | kg           | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                   | 622.377,0           | 791.231,3                            |          |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte   | kg           | 22.580.781,8                          |                              | alle Bte                | 24.331.789           | 92,80%               |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| Gewerkespezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
|   | Spaltenbezug | V/V                                   | DE7                          | DE9                     | BoPL2                | WA5                  | WA6                       | SS2                                  | FF2                  | DE8                       | WA8                          | WA4                           | DE6                 | WA7                                  | DE5      |  |                 |  |  |
| 15  |              | 4.373,7                               | 36,6%                        | 746,4                   | 559,8                | 1.340,3              |                           | 283,9                                |                      | 466,4                     | 444,2                        |                               | 189,5               | 128,1                                | 217,0    |  |                 |  |  |
| 21  |              | 2.952,8                               | 24,7%                        |                         |                      |                      |                           |                                      |                      | 2.147,2                   |                              |                               | 805,7               |                                      |          |  |                 |  |  |
| 24  |              | 1.519,4                               | 12,7%                        |                         |                      |                      |                           |                                      | 1.519,4              |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 25  |              | 604,7                                 | 5,1%                         |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     | 604,7                                |          |  |                 |  |  |
| 26  |              | 561,1                                 | 4,7%                         |                         |                      |                      |                           | 561,1                                |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 31  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 32  |              | 56,4                                  | 0,5%                         |                         |                      |                      | 56,4                      |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 33  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 34  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 35  |              | 131,1                                 | 1,1%                         | 110,7                   |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 36  |              | 433,9                                 | 3,6%                         |                         |                      | 110,3                |                           |                                      |                      |                           |                              | 323,6                         |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 37  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 38  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 39  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 40  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 41  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 42  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 43  |              | 1.038,1                               | 8,7%                         | 5,9                     | 524,5                | 491,8                | 7,0                       | 3,4                                  |                      |                           | 2,5                          |                               | 1,5                 | 1,4                                  |          |  |                 |  |  |
| 44  |              | 289,4                                 | 2,4%                         | 244,3                   |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 45  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 46  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 47  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 48  |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
|   | Σ=           | 100,0%                                | 1.107,2                      | 1.084,3                 | 1.832,1              | 117,3                | 343,7                     | 561,1                                | 1.519,4              | 2.613,6                   | 446,7                        | 323,6                         | 996,7               | 732,2                                | 282,6    |  |                 |  |  |
| S   |              | 11.960,7                              | 2,08E-01                     | 2,69E-01                | 4,84E-01             | 3,74E-02             | 1,13E-01                  | 5,18E-01                             | 6,14E-01             | 1,11E+00                  | 1,97E-01                     | 1,75E-01                      | 7,37E-01            | 5,81E-01                             | 2,87E-01 |  |                 |  |  |
|   |              | 11.960,7                              | 2,08E-01                     | 2,69E-01                | 4,84E-01             | 3,74E-02             | 1,13E-01                  | 5,18E-01                             | 6,14E-01             | 1,11E+00                  | 1,97E-01                     | 1,75E-01                      | 7,37E-01            | 5,81E-01                             | 2,87E-01 |  |                 |  |  |
|   |              | 1,1                                   | pro NGF                      |                         | alle Bte:            | 1,20                 | 91,8%                     |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |
| 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |              |                                       |                              |                         |                      |                      |                           |                                      |                      |                           |                              |                               |                     |                                      |          |  |                 |  |  |

| Gewerkespezifische Verteilung - AP --- 50a  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
|---|----|----------|----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
| Spaltenbezug  |    | V/V      | DE7      | DE9      | BoPL2     | WA5      | WA6      | SS2      | FF2      | DE8      | WA8      | WA4      | DE6      | WA7      | DE5      |  |  |
| 15  |    | 6.201,5  | 33%      | 1.049,9  | 789,8     | 1.888,0  |          | 398,0    |          | 658,0    | 621,4    |          | 266,6    | 177,4    | 352,3    |  |  |
| 21  |    | 5.972,4  | 32%      |          |           |          |          |          |          | 4.330,5  |          |          | 1.641,9  |          |          |  |  |
| 24  |    | 990,3    | 5%       |          |           |          |          |          | 990,3    |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 25  |    | 342,4    | 2%       |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          | 342,4    |          |  |  |
| 26  |    | 216,7    | 1%       |          |           |          |          | 216,7    |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 31  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 32  |    | 173,3    | 1%       |          |           |          |          | 173,3    |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 33  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 34  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 35  |    | 266,1    | 1%       | 224,6    |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 36  |    | 646,7    | 3%       |          |           | 177,5    |          |          |          |          |          | 469,1    |          |          | 41,5     |  |  |
| 37  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 38  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 39  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 40  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 41  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 42  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 43  |    | 3.279,0  | 18%      | 24,2     | 1.646,4   | 1.543,8  | 28,5     | 13,8     |          |          | 10,3     |          | 6,2      | 5,7      |          |  |  |
| 44  |    | 612,4    | 3%       | 517,0    |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 45  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 46  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 47  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 48  |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
|   | Σ= | 100,0%   | 1.815,7  | 2.436,2  | 3.431,9   | 206,1    | 585,1    | 216,7    | 990,3    | 4.988,5  | 631,7    | 469,1    | 1.914,6  | 525,6    | 489,1    |  |  |
| S   |    | 18.700,7 | 3,41E-01 | 6,04E-01 | 9,07E-01  | 6,57E-02 | 1,92E-01 | 2,00E-01 | 4,00E-01 | 2,12E+00 | 2,79E-01 | 2,53E-01 | 1,42E+00 | 4,17E-01 | 4,98E-01 |  |  |
|   |    | 18.700,7 | 3,41E-01 | 6,04E-01 | 9,07E-01  | 6,57E-02 | 1,92E-01 | 2,00E-01 | 4,00E-01 | 2,12E+00 | 2,79E-01 | 2,53E-01 | 1,42E+00 | 4,17E-01 | 4,98E-01 |  |  |
|   |    | 1,7      | pro NGF  |          | alle Bte: | 1,82     | 94,4%    |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |
| 1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung |    |          |          |          |           |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |  |  |

| Materialspezifische Verteilung - AP --- HERSTELLUNG |           |          |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |  |  |  |
|---|-----------|----------|---------|---------|---------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|
|   |           | DE7      | DE9     | BoPL2   | WA5     | WA6   | SS2   | FF2   | DE8     | WA8     | WA4   | DE6   | WA7   | DE5   |       |  |  |  |
| 0   | Sonstiges | 4.481,3  | 37,5%   | 340,9   | 524,5   | 491,8 | 64,4  | 59,8  | 2.147,2 | 2,5     |       | 782,5 | 1,4   | 61,8  |       |  |  |  |
| 1   | Beton     | 3.037,2  | 25,4%   | 530,8   | 396,5   | 957,4 |       | 195,9 | 330,3   | 304,0   |       | 134,8 | 89,7  | 98,0  |       |  |  |  |
| 2   | Metall    | 3.740,7  | 31,3%   | 235,6   | 163,4   | 382,9 | 37,7  | 88,0  | 1.193,1 | 136,1   | 140,2 | 104,9 | 54,7  | 599,4 | 43,5  |  |  |  |
| 3   | Dämmung   | 160,9    | 1,3%    |         |         |       | 15,2  |       |         |         |       | 24,7  | 41,7  | 79,3  |       |  |  |  |
| 4   |           |          |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |  |  |  |
| 5   | Glas      | 540,5    | 4,5%    |         |         |       |       |       | 321,9   |         |       | 218,7 |       |       |       |  |  |  |
|   | Σ=        | 100,0%   | 1.107,2 | 1.084,3 | 1.832,1 | 117,3 | 343,7 | 561,1 | 1.519,4 | 2.613,6 | 446,7 | 323,6 | 996,7 | 732,2 | 282,6 |  |  |  |
|   |           | 11.960,7 |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |  |  |  |
|   |           | 11.960,7 |         |         |         |       |       |       |         |         |       |       |       |       |       |  |  |  |

| Materialspezifische Verteilung - AP --- 50 a |           |          |         |         |         |         |       |       |         |         |       |         |         |       |       |      |  |  |  |
|--|-----------|----------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|------|--|--|--|
|  |           | DE7      | DE9     | BoPL2   | WA5     | WA6     | SS2   | FF2   | DE8     | WA8     | WA4   | DE6     | WA7     | DE5   |       |      |  |  |  |
| 0  | Sonstiges | 10.390,1 | 55,6%   | 760,6   | 1.646,4 | 1.543,8 | 160,4 | 187,1 | 4.330,5 | 10,3    |       | 1.598,1 | 5,7     | 135,9 |       |      |  |  |  |
| 1  | Beton     | 4.709,7  | 25,2%   | 821,1   | 616,4   | 1.481,6 |       | 304,5 | 513,6   | 472,6   |       | 208,5   | 138,8   | 151,6 |       |      |  |  |  |
| 2  | Metall    | 2.082,1  | 11,1%   | 233,9   | 173,4   | 406,4   | 9,7   | 93,4  | 216,7   | 230,4   | 144,4 | 148,8   | 27,0    | 58,1  | 296,6 | 43,2 |  |  |  |
| 3  | Dämmung   | 328,8    | 1,8%    |         |         |         | 36,0  |       |         |         |       | 49,9    | 84,5    | 158,5 |       |      |  |  |  |
| 4  |           |          |         |         |         |         |       |       |         |         |       |         |         |       |       |      |  |  |  |
| 5  | Glas      | 1.191,0  | 6,4%    |         |         |         |       |       | 748,9   |         |       | 442,2   |         |       |       |      |  |  |  |
|  | Σ=        | 100,0%   | 1.815,7 | 2.436,2 | 3.431,9 | 206,1   | 585,1 | 216,7 | 990,3   | 4.988,5 | 631,7 | 469,1   | 1.914,6 | 525,6 | 489,1 |      |  |  |  |
|  |           | 18.700,7 |         |         |         |         |       |       |         |         |       |         |         |       |       |      |  |  |  |
|  |           | 18.700,7 |         |         |         |         |       |       |         |         |       |         |         |       |       |      |  |  |  |

Zusammenfassung Z-Zwo der Spezialbauteile

| 25. Mai 09  |  | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile  |                              |                         | Spezialbauteile      |                      |                           | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |                      |                           | Spezialbauteile              |                              |                     | Auswertung mit Hilfe Spezialbauteile |  |  | Spezialbauteile |  |  |
|-------------|--|---------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------|--|--|
|             |  | 1                                     | 2 <sup>1)</sup>              | 3                       | 4                    | 5                    | 6                         | 7                                    | 8                    | 9 <sup>1)</sup>           | 10                           | 11                           | 12                  | 13                                   |  |  |                 |  |  |
|             |  | 17                                    | 19                           | ZZwo8                   | ZZwo2                | 23                   | 15                        | ZZwo13                               | 11                   | 7                         | ZZwo4                        | ZZwo10                       | ZZwo4               | ZZwo2                                |  |  |                 |  |  |
| BT-Name     |  | Z-Zwo FuD2 Innendecke (Hohlraumboden) | Z-Zwo FuD4 Trenndecke 1/2 UG | Z-Zwo BoPL2 Bodenplatte | Z-Zwo FuW2 Gika Wand | Z-Zwo FuW3 Trennwand | Z-Zwo FF3 Sonnenschutz OG | Z-Zwo FF2 Fensterband OG             | Z-Zwo FD2 (Decke TG) | Z-Zwo AWE2 gegen Erdreich | Z-Zwo FuW4 Strähle Wand 2000 | Z-Zwo FD1 Flachdach (begrün) | Z-Zwo AW 1 Brüstung | Z-Zwo ABL 2 Decke über TG, Keller    |  |  |                 |  |  |
| Fläche      |  | 5.325,0                               | 4.035,0                      | 3.783,6                 | 3.135,2              | 3.044,5              | 1.084,0                   | 2.476,1                              | 2.353,3              | 2.262,3                   | 1.853,9                      | 1.352,2                      | 1.260,0             | 982,9                                |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Fläche                                |                              | 34.411,5 m²             | alle Bte             |                      | 38.089,7                  | 90,34%                               |                      |                           |                              |                              |                     |                                      |  |  |                 |  |  |
| kg/Flä      |  | 783,6                                 | 703,3                        | 1.782,6                 | 44,0                 | 480,0                | 4,0                       | 30,3                                 | 1.015,2              | 959,7                     | 31,8                         | 854,1                        | 494,0               | 805,0                                |  |  |                 |  |  |
| Σkg         |  | 4.172.885,1                           | 2.837.608,3                  | 6.744.476,8             | 137.947,9            | 1.461.417,0          | 4.336,2                   | 75.087,3                             | 2.389.111,8          | 2.171.145,1               | 58.880,2                     | 1.114.277,7                  | 622.377,0           | 791.231,3                            |  |  |                 |  |  |
| alle 13 Bte |  | Σkg                                   |                              | 22.580.781,8            | alle Bte             |                      | 24.331.789                | 92,80%                               |                      |                           |                              |                              |                     |                                      |  |  |                 |  |  |

Gewerkespezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

| Spaltenbezug | W/W | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|----------|--------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 15 | 5,31E+02 | 53,7%  | 91,1  | 68,2  | 164,1 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 21 | 8,94E+00 | 0,9%   |       |       |       | 34,2 |      |      | 56,8 | 53,4 |      | 23,1 | 15,4 | 25,1 |      |
| 24 | 9,35E+01 | 9,4%   |       |       |       |      |      | 93,5 | 4,9  |      |      | 4,0  |      |      |      |
| 25 | 2,57E+01 | 2,6%   |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      | 25,7 |      |      |
| 26 | 2,19E+01 | 2,1%   |       |       |       |      | 21,3 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 31 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 32 | 3,19E+00 | 0,3%   |       |       |       | 3,2  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 33 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 34 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 35 | 1,64E+01 | 1,7%   | 13,9  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 2,6  |      |
| 36 | 5,65E+01 | 5,7%   |       |       |       | 14,0 |      |      |      |      | 42,5 |      |      |      |      |
| 37 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 38 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 39 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 40 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 41 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 42 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 43 | 2,02E+02 | 20,4%  | 1,2   | 102,1 | 95,7  | 1,4  | 0,7  |      |      | 0,5  |      | 0,3  | 0,3  |      |      |
| 44 | 3,07E+01 | 3,1%   | 25,9  |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      | 4,8  |      |
| 45 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 46 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 47 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 48 |          |        |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Σ= |          | 100,0% | 132,1 | 170,3 | 259,8 | 15,4 | 38,1 | 21,3 | 93,5 | 61,8 | 53,9 | 42,5 | 27,4 | 41,4 | 32,4 |

S 9,90E+02 2,48E-02 4,22E-02 6,67E-02 4,92E-03 1,25E-02 1,96E-02 3,77E-02 2,62E-02 2,38E-02 2,29E-02 2,03E-02 3,29E-02 3,30E-02

9,90E+02 2,48E-02 4,22E-02 6,67E-02 4,92E-03 1,25E-02 1,96E-02 3,77E-02 2,62E-02 2,38E-02 2,29E-02 2,03E-02 3,29E-02 3,30E-02

1) 9,12E-02 pro NGF alle Btle: 1,00E-01 90,9%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Gewerkespezifische Verteilung - EP --- 50a

| Spaltenbezug | W/W | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--------------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
|----|----------|--------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 15 | 8,76E+02 | 43%    | 146,9 | 110,5 | 275,4 |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 21 | 5,46E+01 | 3%     |       |       |       | 55,8 |      |       | 92,1  | 87,2  |      | 37,3 | 24,8 | 46,4 |      |
| 24 | 1,22E+02 | 6%     |       |       |       |      |      | 122,2 | 15,4  |       |      | 39,2 |      |      |      |
| 25 | 1,93E+01 | 1%     |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      | 19,3 |      |      |
| 26 | 7,92E+00 | 0%     |       |       |       |      | 7,9  |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 31 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 32 | 1,65E+01 | 1%     |       |       |       | 16,5 |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 33 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 34 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 35 | 3,35E+01 | 2%     | 28,3  |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      | 5,2  |      |
| 36 | 1,21E+02 | 6%     |       |       |       | 46,7 |      |       |       |       | 74,6 |      |      |      |      |
| 37 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 38 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 39 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 40 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 41 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 42 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 43 | 6,36E+02 | 31%    | 5,5   | 318,0 | 298,2 | 6,4  | 3,1  |       |       | 2,3   |      | 1,4  | 1,3  |      |      |
| 44 | 1,59E+02 | 8%     | 134,6 |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      | 24,8 |      |
| 45 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 46 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 47 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| 48 |          |        |       |       |       |      |      |       |       |       |      |      |      |      |      |
| Σ= |          | 100,0% | 315,2 | 428,5 | 573,5 | 53,1 | 75,4 | 7,9   | 122,2 | 107,5 | 89,5 | 74,6 | 77,9 | 45,4 | 76,5 |

S 2,05E+03 5,92E-02 1,06E-01 1,52E-01 1,69E-02 2,48E-02 7,31E-03 4,93E-02 4,57E-02 3,96E-02 4,02E-02 5,76E-02 3,61E-02 7,78E-02

2,05E+03 5,92E-02 1,06E-01 1,52E-01 1,69E-02 2,48E-02 7,31E-03 4,93E-02 4,57E-02 3,96E-02 4,02E-02 5,76E-02 3,61E-02 7,78E-02

1) 1,89E-01 pro NGF alle Btle: 2,04E-01 92,3%

1) Anmerkung: geringfügige Abweichung -> nicht von allen Bauteilen alle Prozentualverteilung vorliegen -> manuelle Ermittlung

Materialspezifische Verteilung - EP --- HERSTELLUNG

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 265,9  | 26,9% | 39,1  | 102,1 | 95,7  | 10,3 | 3,9  | 0,4  | 4,9  | 0,5  | 1,7  | 0,3  | 7,0  |      |
| 1  | Beton     | 427,7  | 43,2% | 74,7  | 55,8  | 135,0 |      | 27,6 |      | 46,5 | 42,8 | 19,0 | 12,6 | 13,8 |      |
| 2  | Metall    | 199,0  | 20,1% | 18,3  | 12,4  | 29,1  | 3,6  | 6,7  | 21,3 | 45,2 | 10,3 | 4,2  | 24,1 | 3,4  |      |
| 3  | Dämmung   | 16,8   | 1,7%  |       |       |       | 1,6  |      |      |      |      | 2,6  | 4,4  | 8,3  |      |
| 4  |           |        |       |       |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5  | Glas      | 80,4   | 8,1%  |       |       |       |      |      | 47,9 |      |      | 32,5 |      |      |      |
| Σ= |           | 100,0% | 132,1 | 170,3 | 259,8 | 15,4  | 38,1 | 21,3 | 93,5 | 61,8 | 53,9 | 42,5 | 27,4 | 41,4 | 32,4 |

989,9 989,9

Materialspezifische Verteilung - EP --- 50 a

|  |  | DE7 | DE9 | BoPL2 | WA5 | WA6 | SS2 | FF2 | DE8 | WA8 | WA4 | DE6 | WA7 | DE5 |
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|--|--|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|    |           |        |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
|----|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| 0  | Sonstiges | 936,3  | 45,7% | 167,8 | 318,0 | 298,2 | 48,0 | 19,6 | 1,1   | 15,4  | 2,3  | 34,6 | 1,3  | 30,0 |      |
| 1  | Beton     | 653,5  | 31,9% | 112,0 | 84,1  | 213,4 |      | 41,5 |       | 70,0  | 64,4 | 28,4 | 18,9 | 20,7 |      |
| 2  | Metall    | 233,4  | 11,4% | 35,4  | 26,4  | 62,0  | 1,0  | 14,3 | 7,9   | 8,4   | 22,7 | 8,9  | 15,0 | 6,5  |      |
| 3  | Dämmung   | 39,6   | 1,9%  |       |       |       | 4,1  |      |       |       |      | 6,0  | 10,2 | 19,3 |      |
| 4  |           |        |       |       |       |       |      |      |       |       |      |      |      |      |      |
| 5  | Glas      | 184,5  | 9,0%  |       |       |       |      |      | 112,6 |       |      | 71,9 |      |      |      |
| Σ= |           | 100,0% | 315,2 | 428,5 | 573,5 | 53,1  | 75,4 | 7,9  | 122,2 | 107,5 | 89,5 | 74,6 | 77,9 | 45,4 | 76,5 |

2.047,2 2.047,2

2.047,2

**Anlage 5:** *DVA – Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Auszug aus Ökologische Bilanzierung der Ed. Züblin AG  
– Version 2 mit Epoxidharzbeschichtung OS 11 und PVC-Kleber

Anlage enthält **6** Seiten

**Anlage 5:** *DVA – Ökologische Bilanzierung - Ed. Züblin AG*  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Auszug aus Ökologische Bilanzierung der Ed. Züblin AG  
– Version 2 mit Epoxidharzbeschichtung OS 11 und PVC-Kleber

Anlage enthält **6** Seiten



BV: **DVA-Neckarstraße**

**Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion**

ZT-SFB

2009-01-12 / Strbad

| Nr | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung                 | Mengen   | Einheit | Bemerkungen                                      |
|----|---------------|--------------------------------------|----------|---------|--|
|    |               |                                      |          |         | Info   |
| 1  | <b>FD1</b>    | Flachdach Kies                       | 791,65   | m2      |  |
| 2  | <b>FD2</b>    | Flachdach Lüftungszentrale           | 116,96   | m2      | Kalzip-Dach ohne Haften                          |
| 3  | <b>FD3</b>    | Flachdach 01.UG gegen Rampe Hofseite | 121,38   | m2      |  |
| 4  | <b>FD4</b>    | Flachdach Anbau EG                   | 398,60   | m2      |  |
| 5  | <b>FF1</b>    | Fenster Hofseite                     | 375,20   | m2      | weitere Angaben siehe BT-Katalog                 |
| 6  | <b>FF2</b>    | Fenster Straßenseite                 | 379,20   | m2      | weitere Angaben siehe BT-Katalog                 |
| 7  | <b>FF3</b>    | Sonnenschutz                         | 754,40   | m2      | weitere Angaben siehe BT-Katalog<br>Angabe in m² |
| 8  | <b>AW1</b>    | Außenwand WDVS                       | 900,00   | m2      |  |
| 9  | <b>AW2</b>    | Außenwand WDVS mit Riemchen          | 690,00   | m2      |  |
| 10 | <b>AW3</b>    | Außenwand mit hinterlüft Verkleidung | 165,00   | m2      |  |
| 11 | <b>AW4</b>    | Außenwand Lüftungszentrale           | 153,40   | m2      |  |
| 12 | <b>AW5</b>    | Glasbausteinwand                     | 66,20    | m2      |  |
| 13 | <b>AWE</b>    | Außenwand gegen Erdreich             | 837,10   | m2      |  |
| 14 | <b>BoPI1</b>  | Bodenplatte gegen Erdreich           | 1.748,69 | m2      |  |
| 15 | <b>FuD1</b>   | Decke über 01.UG                     | 343,98   | m2      |  |
| 16 | <b>FuD2</b>   | Decke 04.OG gegen Lüftungszentrale   | 116,96   | m2      |  |
| 17 | <b>FuD3</b>   | Innendecke Fliesen                   | 529,52   | m2      |  |
| 18 | <b>FuD4</b>   | Innendecke Linoleum                  | 3.321,48 | m2      |  |
| 19 | <b>FuD5</b>   | Decke über UG                        | 595,25   | m2      |  |
| 20 | <b>FuW1</b>   | Innenwand Beton                      | 1.863,24 | m2      | kleine Anteile Betonwand vorhanden,              |

BV: DVA-Neckarstraße

Zusammenfassung der Bauteilmengen --- Baukonstruktion

ZT-SFB

2009-01-12 / Strbad

| Nr                               | Bauteil - Nr. | Bauteil- Bezeichnung  | Mengen    | Einheit | Bemerkungen  |
|----------------------------------|---------------|-----------------------|-----------|---------|--|
|                                  |               |                       |           |         | wurde übermessen (Bestand)   |
| 21                               | FuW2          | Innenwand Ständerwand | 2.503,66  | m2      | ohne Innentüren, siehe FuW4  |
| 22                               | FuW4          | Holztüren             | 225,04    | m2      | keine separate Beschreibung im BT-Katalog  |
| 23                               | FuW3          | Betonstützen          | 626,25    | m       | Betonstützen, quadratisch, ca.36x36cm verputzt und beschichtet (Bestand)                     |
| 24                               | SA            | Schlosserarbeiten     | 17.009,49 | kg      | genaue Aufschlüsselung siehe BT-Katalog; getrennt nach Stahl und Edelstahl + Beschichtung!!! |
| 25                               |               |                       |           |         |  |
| 26                               |               |                       |           |         |  |
| 27                               |               |                       |           |         |  |
| 28                               |               |                       |           |         |  |
| 29                               |               |                       |           |         |  |
| 30                               |               |                       |           |         |  |
| notwendige Zeilen einblenden !!! |               |                       |           |         |  |

Main data table with columns for Bauteil, Faktor Lebenserwartung, Bauteilmenge, Bezeichnung für Ökodatenermittlung, Herstellung, and Instandhaltung. It includes sub-sections for FD1, FD2, FD3, and FD4, detailing materials like Kies, PE-PP Vlies, and various insulation types.

Main table with columns for Bauteilaufbau, Bezugsdaten für Ökobilanzierung, and projektspez. Ökodaten des entspr. Gewerks o. Bezugsgröße. Includes sub-sections for FuW2, FuW4, FuW3, and SA.

Gesamtsummen KGR300 (H+I) with summary values for CO2, GWP, ODP, AP, EP, POCP.

zum Anfang

Kontrollzeile: I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O. I.O.

Main data table with columns for Bauteil, Faktor Lebenserwartung, Bauteilmenge, Bezugsdaten für Ökobilanzierung, Herstellung (EOL), and Entsorgung (EOL). Includes sub-tables for 'zu Bezugsquellen' and 'zur Gesamtsumme'.

Mengenermittlung für Ökodatenermittlung lt. DGNB KGR300 End of Life (EOL)

Projekt: **DVA-Neckarstraße**

Hinweise für Anwendung

zum Spaltende

zum Spaltanfang



Stand: **2009-xx-xx / ErstellerIn**

ZT - SFB

| Bauteilaufbauten                     |    | Bezugsdaten für Ökobilanzierung |                                    | Herstellung (EOL) / Bewertung (EOL) |         |                                 |  |                   |                      |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|--------------------------------------|----|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|---------|---------------------------------|--|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|-------|---------|---------|------------|-----------|-------------|-------------|------|------|------|------|--|
| zu Bezugsquellen                     |    | Bezugsquellen Ökobaudat 2010    |                                    | zur Gesamtsumme                     |         |                                 |  |                   |                      |                       | Bewertung (EOL) |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| Id. Nr.                              | Zl | Bl.Nr.                          | Bauteil                            | m                                   | Einheit | EOL Basiname lt. Ökobaudat 2010 | Einheit EOL und Hst nicht immer ident. | Herstellung (EOL) |                      |                       |                 |                       |                       |                       | Bewertung (EOL)  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | PE <sub>10</sub>  | PE <sub>11</sub>     | GWP                   | ODP             | AP                    | EP                    | POCP                  | PE <sub>10</sub> | PE <sub>11</sub> | GWP                   | ODP       | AP                    | EP                    | POCP                  |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | MJ                | MJ                   | kg CO <sub>2</sub> Äq | kg H11 Äq       | kg SO <sub>2</sub> Äq | kg PO <sub>4</sub> Äq | kg CF <sub>4</sub> Äq | MJ               | MJ               | kg CO <sub>2</sub> Äq | kg H11 Äq | kg SO <sub>2</sub> Äq | kg PO <sub>4</sub> Äq | kg CF <sub>4</sub> Äq |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| <b>21 FuW2 Innenwand Ständerwand</b> |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | <b>2.503,7</b>    | <b>m<sup>2</sup></b> |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 43                                   | 1  |                                 | Dispersionsanstrich                | 15                                  | 1       | 3                               | 3                                      | 3.104,5           | kg                   | 9.524                 | 608             | 1.140                 | 9.29E-06              | 4,85                  | 0,50             | 0,74             | -19.474               | 900       | 5.844                 | -5,05E-05             | 16                    | 2     | 2     | -94.002 | 227     | 12.976     | -1,80E-04 | 28          | 4           | 2    |      |      |      |  |
| 35                                   | 2  |                                 | GK-Platten 2x12,5 mm               | 30                                  | 1       | 1                               | 1                                      | 56.332,4          | kg                   | -18.754               | -189            | 1.774                 | -3,53E-05             | 3,12                  | 0,50             | 0,99             | -113.476              | 1.128     | 18.821                | 0                     | 44                    | 6     | 4     | -56.263 | -507    | 5.302      | -1,96E-04 | 9,35        | 1,50        | 0,27 |      |      |      |  |
| 36                                   | 3  |                                 | CW-Profil 50                       | 50                                  | 1       |                                 |  | 26,3              | kg                   | 9.024                 | 608             | 1.140                 | 9.29E-06              | 4,85                  | 0,50             | 0,74             | -382                  | -2        | -29                   | 9,19E-07              | -0,10                 | -0,01 | -0,02 | 9.024   | 608     | 1.140      | 9.29E-06  | 4,85        | 0,50        | 0,74 |      |      |      |  |
| 36                                   | 3  |                                 | UW-Profil 50                       | 50                                  | 1       |                                 |  | 7,4               | kg                   | -107                  | -1              | -8                    | 2,56E-07              | -0,03                 | 0,00             | 0,00             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 36                                   | 5  |                                 | Mineralfüllwolle, 40 mm, 22 kg/cbm | 30                                  | 1       | 1                               | 1                                      | 2.203,2           | kg                   | 474                   | 24              | 53                    | 3,79E-07              | 0,22                  | 0,03             | 0,03             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         | 474     | 24         | 53        | 3,79E-07    | 0,22        | 0,03 | 0,03 |      |      |  |
| 35                                   | 6  |                                 | GK-Platten 2x12,5 mm               | 30                                  | 1       | 1                               | 1                                      | 56.332,4          | kg                   | -9.024                | -608            | -1.140                | -9,29E-06             | -4,85                 | -0,50            | -0,74            |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         | 9.024   | 608        | 1.140     | 9,29E-06    | 4,85        | 0,50 | 0,74 |      |      |  |
| 43                                   | 7  |                                 | Dispersionsanstrich                | 15                                  | 1       | 3                               | 3                                      | 3.104,5           | kg                   | -18.754               | -189            | 1.774                 | -3,53E-05             | 3,12                  | 0,50             | 0,99             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         | -56.263 | -507       | 5.302     | -1,96E-04   | 9,35        | 1,50 | 0,27 |      |      |  |
| <b>22 FuW4 Holztüren</b>             |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | <b>225,0</b>      | <b>m<sup>2</sup></b> |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 38                                   | 1  |                                 | Holztüren                          | 50                                  | 1       |                                 |  | 4.556,3           | kg                   | -46.722               | -487            | 5.361                 | -1,03E-04             | 4                     | 1                | 0                |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    | 1                                   |         |                                 |  |                   | kg                   | -46.722               | -487            | 5.361                 | -1,03E-04             | 3,78                  | 0,99             | 0,02             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| <b>23 FuW3 Betonstützen</b>          |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | <b>626,3</b>      | <b>m</b>             |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 43                                   | 1  |                                 | Dispersionsfarbe                   | 15                                  | 1       | 3                               | 3                                      | 279,6             | kg                   | -25.013               | -603            | 9.613                 | 0                     | 18                    | 19               | 1                |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 15                                   | 2  |                                 | Beton BS                           | 50                                  | 1       |                                 |  | 184.432,5         | kg                   | -1.689                | -15             | 180                   | -3,18E-06             | 0,28                  | 0,05             | 0,01             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         | -5.066  | -46        | 479       | -9,55E-05   | 0,84        | 0,14 | 0,02 |      |      |  |
| 15                                   | 3  |                                 | Stahl                              | 50                                  | 1       |                                 |  | 1.118,2           | kg                   | 8.762                 | -299            | 6.418                 | -6,95E-05             | 12,56                 | 17,60            | 0,93             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 43                                   | 3  |                                 | Dispersionsfarbe                   | 15                                  | 1       | 3                               | 3                                      | 1.118,2           | kg                   | -6.755                | -61             | 639                   | -1,27E-05             | 1,12                  | 0,18             | 0,03             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         | -20.205 | -182       | 1.917     | -3,80E-05   | 3,37        | 0,54 | 0,10 |      |      |  |
| <b>24 SA Schlossarbeiten</b>         |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | <b>17.009,5</b>   | <b>kg</b>            |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 41                                   | 1  |                                 | Stahl                              | 50                                  | 1       |                                 |  | 16.266,2          | kg                   | -227.216              | -1.112          | -17.704               | 5,68E-04              | -61                   | -6               | -6               |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| 41                                   | 2  |                                 | Edelstahl                          | 50                                  | 1       |                                 |  | 743,3             | kg                   | -227.216              | -1.112          | -17.704               | 0                     | -61                   | -6               | -6               |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| <b>Gesamtsummen KGR300 (EOL)</b>     |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  | <b>Σ =</b>        |                      |                       |                 |                       |                       |                       |                  |                  |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  |                   |                      | -1.838.293            | -130.049        | 115.434               | -2,209E-01            | -26                   | 449              | -31              |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         | -2.806.986 | -127.603  | -11.135.521 | -1,01E-03   | -314 | 44   | -61  |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  |                   |                      | -4.645.280            | -257.892        | 104.298               | 0                     | -340                  | 493              | -92              |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
|                                      |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  |                   |                      | zum Anfang            |                 |                       |                       |                       |                  |                  | zum Anfang            |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            |           |             |             |      |      |      |      |  |
| Kontrollzeile:                       |    |                                 |                                    |                                     |         |                                 |  |                   |                      | I.O.                  | I.O.            | I.O.                  | I.O.                  | überprüfen!           | I.O.             | I.O.             |                       |           |                       |                       |                       |       |       |         |         |            | I.O.      | I.O.        | überprüfen! | I.O. | I.O. | I.O. | I.O. |  |

**Anlage 6: DVA – Projektkennndaten**  
*zu Bericht: Kapitel 3.6*

Inhaltsverzeichnis

|   | Seite |
|---|-------|
| 1.                   Volumen- und Gewichtsverteilung pro Gewerk | 2     |

**Anlage 6: DVA – Projektkennndaten**  
zu Bericht: Kapitel 3.6

|                                      | Volumenverteilung |               | Gewichtsverteilung |               |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|--------------------|---------------|
|                                      | Gesamtgebäude     |               | Gesamtgebäude      |               |
|                                      | NGF [m2]:         |               | NGF [m2]:          |               |
| Z1 - Leistungsbereich                | m <sup>3</sup>    | (%)           | t                  | (%)           |
| 11 BE                                |                   |               |                    |               |
| 12 Erdarbeiten                       |                   |               |                    |               |
| 13 Entwäss./Feucht.abd.              |                   |               |                    |               |
| 14 Mauerarbeiten                     | 829               | 23,1%         | 1.267              | 21,4%         |
| 15 Beton/Stahlbeton                  | 1.455             | 40,6%         | 3.488              | 58,8%         |
| 16 Betonfertigteile                  |                   |               |                    |               |
| 17 Zimmerer/Holzbau                  |                   |               |                    |               |
| 18 Stahlbau                          | 18                | 0,5%          | 13                 | 0,2%          |
| 19 Sonst. Rohbau (Umbau ...)         |                   |               |                    |               |
| <b>10 Summe Rohbau</b>               | <b>2.301,7</b>    | <b>64,2%</b>  | <b>4.767,2</b>     | <b>80,4%</b>  |
| 21 Dachdeckung und -Dichtung         | 284               | 7,9%          | 134                | 2,3%          |
| 22 Klempner                          |                   |               |                    |               |
| 23 Dachoberlichter / RWA-Anl.        |                   |               |                    |               |
| 21-23 Außenhaut Dach                 | 284,1             | 7,9%          | 134,0              | 2,3%          |
| 24 Fenster / Fassadenelemente        | 17                | 0,5%          | 30                 | 0,5%          |
| 25 Fassadenverkleidung               | 109               | 3,0%          | 25                 | 0,4%          |
| 26 Rolladen / Sonnenschutz           | 1                 | 0,0%          | 3                  | 0,1%          |
| 27 Außenputz                         | 118               | 3,3%          | 19                 | 0,3%          |
| 28+29 Gerüstbau+ Sonst. Ausbau       |                   |               |                    |               |
| 24-29 Außenhaut Fassade              | 244,6             | 6,8%          | 77,3               | 1,3%          |
| 31 Werksteinarbeiten                 |                   |               |                    |               |
| 32 Innenputzarbeiten                 | 95                | 2,6%          | 138                | 2,3%          |
| 33 Estrich                           | 272               | 7,6%          | 558                | 9,4%          |
| 34 Fliesen- / Plattenarbeiten        | 6                 | 0,2%          | 13                 | 0,2%          |
| 35 Bodenbeläge                       | 20                | 0,6%          | 21                 | 0,4%          |
| 36 Einbauwände                       | 226               | 6,3%          | 115                | 1,9%          |
| 37 Abgehängte Decken                 | 101               | 2,8%          | 61                 | 1,0%          |
| 38+39 Türen / Tore + Sonstiges       | 10                | 0,3%          | 5                  | 0,1%          |
| 41 Metallbau und Schlosser           | 2                 | 0,1%          | 17                 | 0,3%          |
| 42 Tischlerarbeiten                  |                   |               |                    |               |
| 43 Malerarbeiten                     | 20                | 0,5%          | 26                 | 0,4%          |
| 44-47 Doppel- und Hohlrumboden       |                   |               |                    |               |
| 31-44 Innenausbau                    | 752,2             | 21,0%         | 952,4              | 16,1%         |
| 48-49 Bauhilfsarbeiten               |                   |               |                    |               |
| <b>20-40 Summe Ausbau</b>            | <b>1.280,9</b>    | <b>35,8%</b>  | <b>1.163,7</b>     | <b>19,6%</b>  |
| <b>10-60 Summe GEBÄUDE ohne TGA!</b> | <b>3.582,5</b>    | <b>100,0%</b> | <b>5.930,883</b>   | <b>100,0%</b> |



# Anlage 1: Züblinhaus – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.7

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

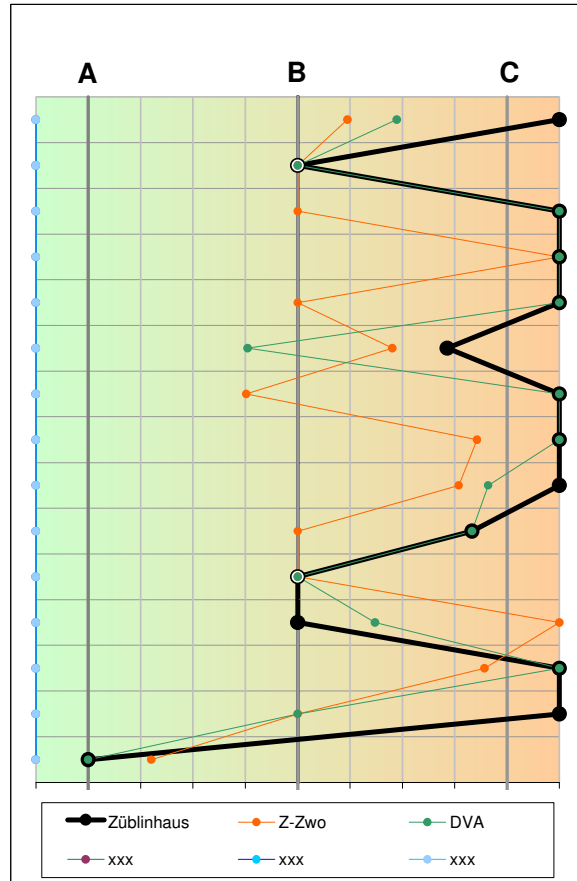
2009-07-20/Ed. Züblin AG

BV:

Züblinhaus

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Wärmeschutz |
|-----------------------------------|-------------|

| lfd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |
|----------|-----------------------------|--|----------------------|-------------------|
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände   | $U_{AW}$             | 1 1)              |
| 1.2      |                             | Vorhangfassade   | $U_{CW}$             | 1)                |
| 1.3      |                             | Wände gegen Erdreich   | $U_{AWE}$            | 1 1)              |
| 1.4      |                             | Wände zu unbeheizten Räumen  | $U_{UB}$             | 1 1)              |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach   | $U_D$                | 1 1)              |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                                      | $U_{DAL}$            | 1 1)              |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen   | $U_{AB}$             | 1 1)              |
| 2.4      |                             | Bodenplatte  | $U_G$                | 1 1)              |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente  | $U_W$                | 1 1)              |
| 3.2      |                             | Glasdächer   | $U_{GD}$             | 1 1)              |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln   | $U_{LK}$             | 1)                |
| 4        | 4. Tür                      | Außentüren (opak)  | $U_T$                | 1 1)              |
| 5        | 5. $U_m$                    | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle                  | $U_m$                | 1 1)              |
| 6        | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert $\Delta U_{WB}$ | $\Delta U_{WB}$      | 1 1)              |
| 7        | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                           | g                    | 1 1)              |



Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren

13

Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren

13

**Gesamtbewertung Bewertungsnote**  
**Nullmessung - - mit Gewichtung**

**C**

16,3%

5.  $U_m$  = mittlerer U-Wert der Gebäudehülle (o. WB)  
6. WB = Wärmebrücken  
7. SS = Sonnenschutz

Bestandsgebäude aus dem Jahr 1985,  
Daher Referenz-Werte lt. EnEV2009 weit überschritten

**Anlage 2: Züblinhaus –Bewertungskriterien (Wärmeschutz)**

*zu Bericht: Kapitel 3.7*

Anlage enthält **1** Seiten

Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Itd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Einheit | Festlegung der Bewertung   | A     | mind. % aller Bezugsflächen | B     | mind. % aller Bezugsflächen           | C     | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|----------|-----------------------------|---|----------------------|---------|--|-------|-----------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------------|-------------|----------------------------------|--|
|          |                             |   |                      |         |  |       |                             |       |                                       |       |                             |             |                                  |  |
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände  | U <sub>AW</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Vorhangfassade  | U <sub>OV</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,98  | Referenzwert - 30%          | 1,4   | Referenzwert                          | 1,82  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände gegen Erdreich  | U <sub>AWRE</sub>    | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände zu unbeheizten Räumen   | U <sub>UB</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach  | U <sub>D</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,14  | Referenzwert - 30%          | 0,2   | Referenzwert                          | 0,26  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                           | U <sub>DAL</sub>     | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen  | U <sub>AB</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.4      |                             | Bodenplatte   | U <sub>G</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente   | U <sub>W</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,91  | Referenzwert - 30%          | 1,3   | Referenzwert                          | 1,69  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.2      |                             | Glasdächer  | U <sub>GD</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,68  | Referenzwert - 30%          | 2,4   | Referenzwert                          | 3,12  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln  | U <sub>LK</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,89  | Referenzwert - 30%          | 2,7   | Referenzwert                          | 3,51  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 4.1      | 4. Tür                      | Außentüren (opak)   | U <sub>T</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,26  | Referenzwert - 30%          | 1,8   | Referenzwert                          | 2,34  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 5.       | 5. Um                       | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle       | U <sub>m</sub>       | W/(m²K) | Mittlerer U-Wert wird projektspezifisch ermittelt. D.h. B-Note entspricht dem mittleren U-Wert aus den entsprechenden Referenzwerten |       | -30%                        |       | gebäudespezif. mittlerer Referenzwert |       | 30%                         | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30%<br>Mittlerer U-Wert der Gesamthülle aus Referenzwerten<br>Unterschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30% |
| 6.       | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert DUWB | ΔU <sub>WB</sub>     | W/(m²K) | keine Zwischennote, sondern direkte Einstufung in die Noten A, B oder C  | <0,05 |                             | 0,05  |                                       | 0,1   |                             | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Pauschaler Zuschlagswert 0,10<br>Pauschaler Zuschlagswert 0,05 (Bauteile nach DIN 4108 Bb. 2)<br>Genauere Berechnung des Zuschlagswertes (< 0,05)  |
| 7.       | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                | g                    |         | Differenzwert der maximalen Spannweite des g-total Wertes Winter / Sommersituation   | 0,475 |                             | 0,392 |                                       | 0,309 |                             | DIN 4108-2  |                                  | Positiv bewertet wird eine maximale Differenz zwischen Sonnenschutz nicht aktiviert und Sonnenschutz aktiviert. Dadurch wird die Flexibilität des Sonnenschutzes für Sommer- und Winterfall ausgedrückt.                   |

# Anlage 1: Z-Zwo – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.7

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

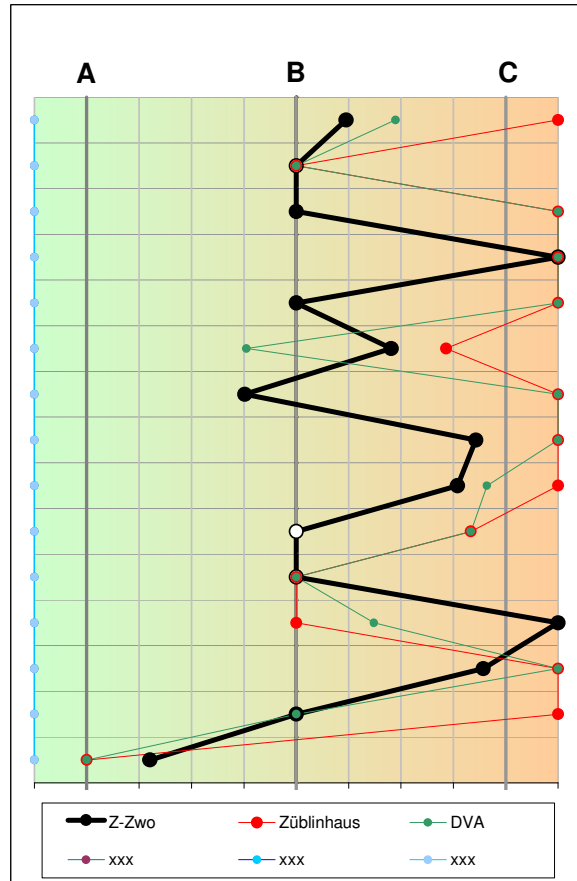
2009-07-20/Ed. Züblin AG

BV: Z-Zwo

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Wärmeschutz |
|-----------------------------------|-------------|

| lfd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |    |
|----------|-----------------------------|--|----------------------|-------------------|----|
|          |                             |  |                      |                   |    |
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände   | $U_{AW}$             | 1                 | 1) |
| 1.2      |                             | Vorhangfassade   | $U_{CW}$             |                   | 1) |
| 1.3      |                             | Wände gegen Erdreich   | $U_{AWE}$            | 1                 | 1) |
| 1.4      |                             | Wände zu unbeheizten Räumen  | $U_{UB}$             | 1                 | 1) |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach   | $U_D$                | 1                 | 1) |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                                      | $U_{DAL}$            | 1                 | 1) |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen   | $U_{AB}$             | 1                 | 1) |
| 2.4      |                             | Bodenplatte  | $U_G$                | 1                 | 1) |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente  | $U_W$                | 1                 | 1) |
| 3.2      |                             | Glasdächer   | $U_{GD}$             |                   | 1) |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln   | $U_{LK}$             |                   | 1) |
| 4        | 4. Tür                      | Außentüren (opak)  | $U_T$                | 1                 | 1) |
| 5        | 5. $U_m$                    | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle                  | $U_m$                | 1                 | 1) |
| 6        | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert $\Delta U_{WB}$ | $\Delta U_{WB}$      | 1                 | 1) |
| 7        | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                           | g                    | 1                 | 1) |

|   |    |
|---|----|
| Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren                                     | 12 |
| Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren                                   | 12 |
| <b>Gesamtbewertung Bewertungsnote</b><br>Nullmessung - - mit Gewichtung |    |



**B-C**

38,0%

5.  $U_m$  = mittlerer U-Wert der Gebäudehülle (o. WB)  
6. WB = Wärmebrücken  
7. SS = Sonnenschutz

Verwaltungsbau aus dem Jahr 2002,  
nach der damaligen noch gültigen 3. WSchVO  
Daher Referenz-Werte lt. EnEV2009 teils überschritten

**Anlage 2: Z-Zwo –Bewertungskriterien (Wärmeschutz)**

*zu Bericht: Kapitel 3.7*

Anlage enthält **1** Seiten

Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Itd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Einheit | Festlegung der Bewertung   | A     | mind. % aller Bezugsflächen | B     | mind. % aller Bezugsflächen           | C     | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|----------|-----------------------------|---|----------------------|---------|--|-------|-----------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------------|-------------|----------------------------------|--|
|          |                             |   |                      |         |  |       |                             |       |                                       |       |                             |             |                                  |  |
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände  | U <sub>AW</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Vorhangfassade  | U <sub>OV</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,98  | Referenzwert - 30%          | 1,4   | Referenzwert                          | 1,82  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände gegen Erdreich  | U <sub>AWRE</sub>    | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände zu unbeheizten Räumen   | U <sub>UB</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach  | U <sub>D</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,14  | Referenzwert - 30%          | 0,2   | Referenzwert                          | 0,26  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                           | U <sub>DAL</sub>     | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen  | U <sub>AB</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.4      |                             | Bodenplatte   | U <sub>G</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente   | U <sub>W</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,91  | Referenzwert - 30%          | 1,3   | Referenzwert                          | 1,69  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.2      |                             | Glasdächer  | U <sub>GD</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,68  | Referenzwert - 30%          | 2,4   | Referenzwert                          | 3,12  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln  | U <sub>LK</sub>      | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,89  | Referenzwert - 30%          | 2,7   | Referenzwert                          | 3,51  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 4.1      | 4. Tür                      | Außentüren (opak)   | U <sub>T</sub>       | W/(m²K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,26  | Referenzwert - 30%          | 1,8   | Referenzwert                          | 2,34  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 5.       | 5. Um                       | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle       | U <sub>m</sub>       | W/(m²K) | Mittlerer U-Wert wird projektspezifisch ermittelt. D.h. B-Note entspricht dem mittleren U-Wert aus den entsprechenden Referenzwerten |       | -30%                        |       | gebäudespezif. mittlerer Referenzwert |       | 30%                         | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30%<br>Mittlerer U-Wert der Gesamthülle aus Referenzwerten<br>Unterschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30% |
| 6.       | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert DUWB | ΔU <sub>WB</sub>     | W/(m²K) | keine Zwischennote, sondern direkte Einstufung in die Noten A, B oder C  | <0,05 |                             | 0,05  |                                       | 0,1   |                             | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Pauschaler Zuschlagswert 0,10<br>Pauschaler Zuschlagswert 0,05 (Bauteile nach DIN 4108 Bb. 2)<br>Genauere Berechnung des Zuschlagswertes (< 0,05)  |
| 7.       | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                | g                    |         | Differenzwert der maximalen Spannweite des g-total Wertes Winter / Sommersituation   | 0,475 |                             | 0,392 |                                       | 0,309 |                             | DIN 4108-2  |                                  | Positiv bewertet wird eine maximale Differenz zwischen Sonnenschutz nicht aktiviert und Sonnenschutz aktiviert. Dadurch wird die Flexibilität des Sonnenschutzes für Sommer- und Winterfall ausgedrückt.                   |

# Anlage 1: DVA – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.7

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-20/Ed. Züblin AG

BV:

DVA

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Wärmeschutz |
|-----------------------------------|-------------|

| lfd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |    |
|----------|-----------------------------|--|----------------------|-------------------|----|
|          |                             |  |                      |                   |    |
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände   | $U_{AW}$             | 1                 | 1) |
| 1.2      |                             | Vorhangfassade   | $U_{CW}$             |                   | 1) |
| 1.3      |                             | Wände gegen Erdreich   | $U_{AWE}$            | 1                 | 1) |
| 1.4      |                             | Wände zu unbeheizten Räumen  | $U_{UB}$             | 1                 | 1) |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach   | $U_D$                | 1                 | 1) |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                                      | $U_{DAL}$            | 1                 | 1) |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen   | $U_{AB}$             | 1                 | 1) |
| 2.4      |                             | Bodenplatte  | $U_G$                | 1                 | 1) |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente  | $U_W$                | 1                 | 1) |
| 3.2      |                             | Glasdächer   | $U_{GD}$             | 1                 | 1) |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln   | $U_{LK}$             |                   | 1) |
| 4        | 4. Tür                      | Außentüren (opak)  | $U_T$                | 1                 | 1) |
| 5        | 5. $U_m$                    | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle                  | $U_m$                | 1                 | 1) |
| 6        | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert $\Delta U_{WB}$ | $\Delta U_{WB}$      | 1                 | 1) |
| 7        | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                           | g                    | 1                 | 1) |

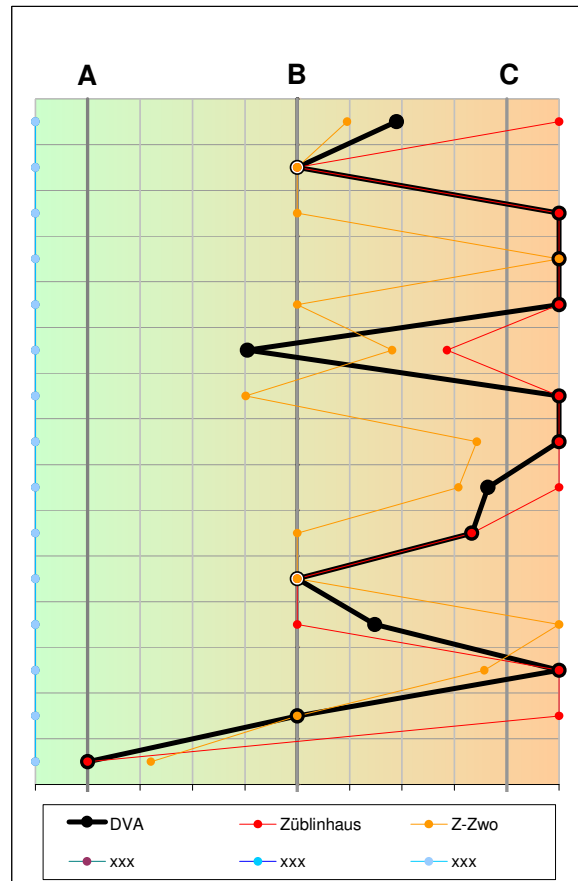
Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren

13

Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren

13

**Gesamtbewertung Bewertungsnote**  
**Nullmessung - - mit Gewichtung**



**B-C**

33,1%

5.  $U_m$  = mittlerer U-Wert der Gebäudehülle (o. WB)  
6. WB = Wärmebrücken  
7. SS = Sonnenschutz

Bestandsgebäude aus dem Jahr 1957.  
Kernsanierung im Jahr 2006 nach dem Bauteilverfahren EnEV2004, jedoch vorwiegend nur oberirdische Bauteile  
Daher Referenz-Werte lt. EnEV2009 teilweise weit überschritten

**Anlage 2:** *DVA –Bewertungskriterien (Wärmeschutz)*

*zu Bericht: Kapitel 3.7*

Anlage enthält **1** Seiten



Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Itd. Nr. | Haupt-Kategorie             | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Einheit              | Festlegung der Bewertung   | A     | mind. % aller Bezugsflächen | B     | mind. % aller Bezugsflächen           | C     | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|----------|-----------------------------|---|----------------------|----------------------|--|-------|-----------------------------|-------|---------------------------------------|-------|-----------------------------|-------------|----------------------------------|--|
|          |                             |   |                      |                      |  |       |                             |       |                                       |       |                             |             |                                  |  |
| 1.1      | 1. Opake vertikale Elemente | Opake Außenwände  | U <sub>AW</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Vorhangfassade  | U <sub>OV</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,98  | Referenzwert - 30%          | 1,4   | Referenzwert                          | 1,82  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände gegen Erdreich  | U <sub>AWRE</sub>    | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
|          |                             | Wände zu unbeheizten Räumen   | U <sub>UB</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.1      | 2. Opake horiz. Elemente    | Dach  | U <sub>D</sub>       | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,14  | Referenzwert - 30%          | 0,2   | Referenzwert                          | 0,26  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.2      |                             | Decken gegen Außenluft nach unten (Tiefgaragen)                           | U <sub>DAL</sub>     | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,20  | Referenzwert - 30%          | 0,28  | Referenzwert                          | 0,36  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.3      |                             | Decken zu unbeheizten Räumen  | U <sub>AB</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 2.4      |                             | Bodenplatte   | U <sub>G</sub>       | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,25  | Referenzwert - 30%          | 0,35  | Referenzwert                          | 0,46  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.1      | 3. Transp. Elemente         | Fensterelemente   | U <sub>W</sub>       | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 0,91  | Referenzwert - 30%          | 1,3   | Referenzwert                          | 1,69  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.2      |                             | Glasdächer  | U <sub>GD</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,68  | Referenzwert - 30%          | 2,4   | Referenzwert                          | 3,12  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 3.3      |                             | Lichtkuppeln  | U <sub>LK</sub>      | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,89  | Referenzwert - 30%          | 2,7   | Referenzwert                          | 3,51  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 4.1      | 4. Tür                      | Außentüren (opak)   | U <sub>T</sub>       | W/(m <sup>2</sup> K) | Ist-Werte zwischen A und C werden prozentual in die Bewertungsnoten eingestuft   | 1,26  | Referenzwert - 30%          | 1,8   | Referenzwert                          | 2,34  | Referenzwert + 30%          | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%<br>Wert des Referenzbauteils aus EnEV 2009<br>Unterschreitung des Referenzwertes der EnEV 2009 um 30%   |
| 5.       | 5. Um                       | mittlerer U-Wert über die Bauteilflächen der beheizten Gebäudehülle       | U <sub>m</sub>       | W/(m <sup>2</sup> K) | Mittlerer U-Wert wird projektspezifisch ermittelt. D.h. B-Note entspricht dem mittleren U-Wert aus den entsprechenden Referenzwerten |       | -30%                        |       | gebäudespezif. mittlerer Referenzwert |       | 30%                         | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Überschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30%<br>Mittlerer U-Wert der Gesamthülle aus Referenzwerten<br>Unterschreitung des mittleren U-Wertes der Gesamthülle aus Referenzwerten um 30% |
| 6.       | 6. WB                       | Berücksichtigung von Wärmebrücken über den Wärmebrückenzuschlagswert DUWB | ΔU <sub>WB</sub>     | W/(m <sup>2</sup> K) | keine Zwischennote, sondern direkte Einstufung in die Noten A, B oder C  | <0,05 |                             | 0,05  |                                       | 0,1   |                             | EnEV 2009   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Pauschaler Zuschlagswert 0,10<br>Pauschaler Zuschlagswert 0,05 (Bauteile nach DIN 4108 Bb. 2)<br>Genauere Berechnung des Zuschlagswertes (< 0,05)  |
| 7.       | 7. SS                       | Flexibilität Sonnenschutz (g (Winter) und gtotal (Sommer))                | g                    |                      | Differenzwert der maximalen Spannweite des g-total Wertes Winter / Sommersituation   | 0,475 |                             | 0,392 |                                       | 0,309 |                             | DIN 4108-2  |                                  | Positiv bewertet wird eine maximale Differenz zwischen Sonnenschutz nicht aktiviert und Sonnenschutz aktiviert. Dadurch wird die Flexibilität des Sonnenschutzes für Sommer- und Winterfall ausgedrückt.                   |

**Anlage 1: Wärmebrückenberechnung (Auszug)**  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

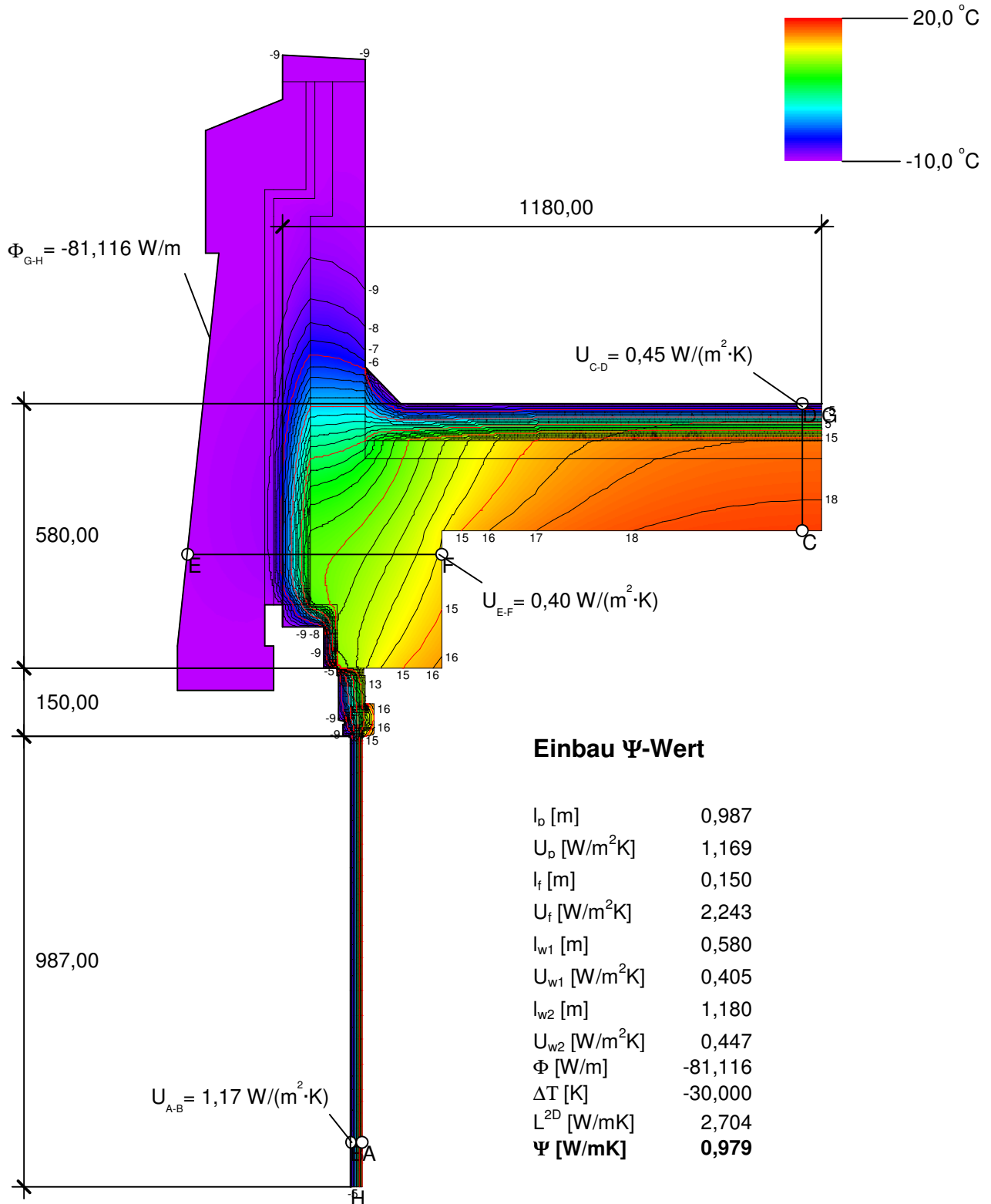
Anlage enthält **8** Seiten

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 27-1 Außenwand - Balkon/Terrasse, 4./6. OG

Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



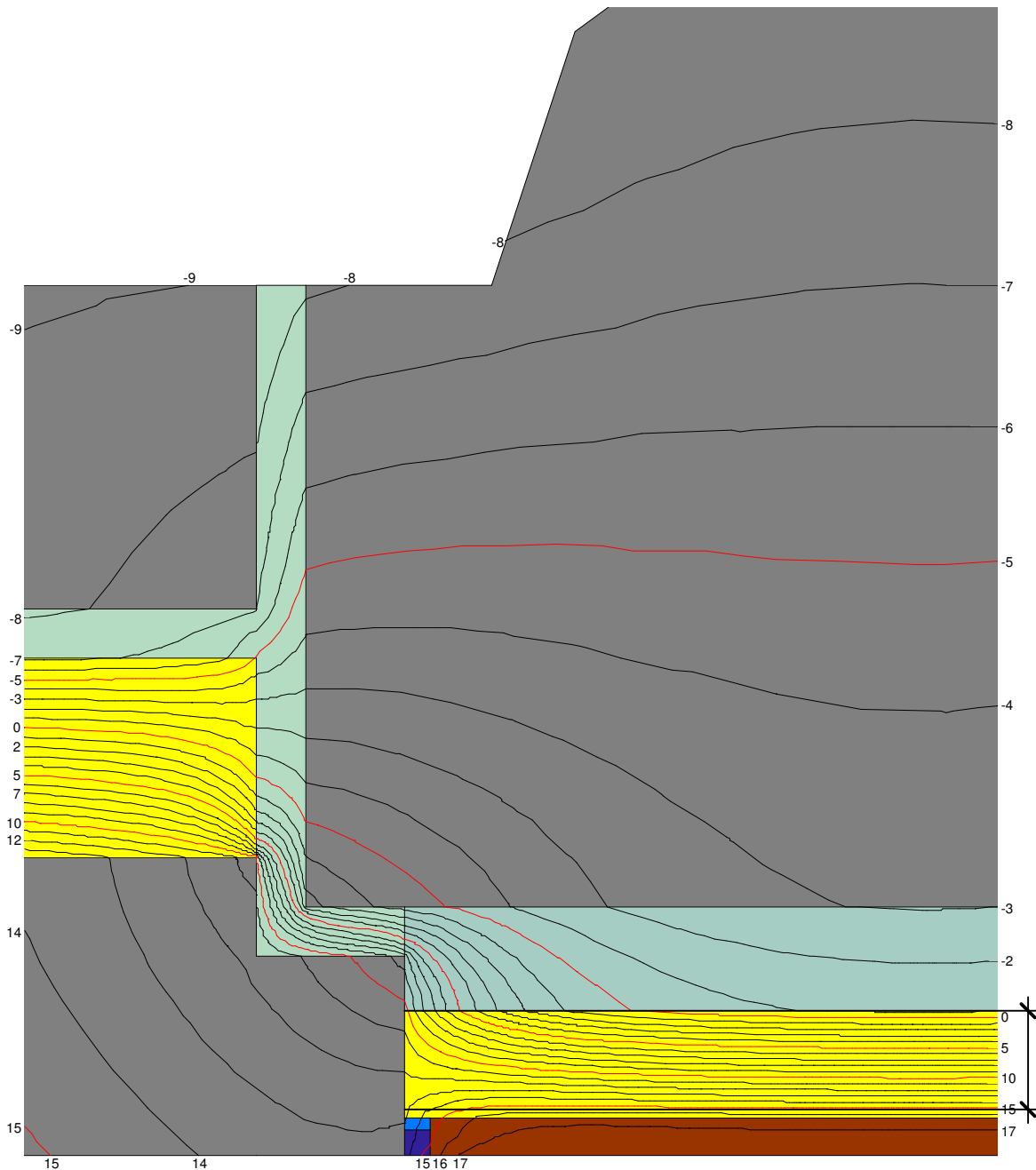
# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

ZÜBLIN

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
9-1 Außenwand - Außenwand - Brüstungselement/Stütze EG - 6. OG

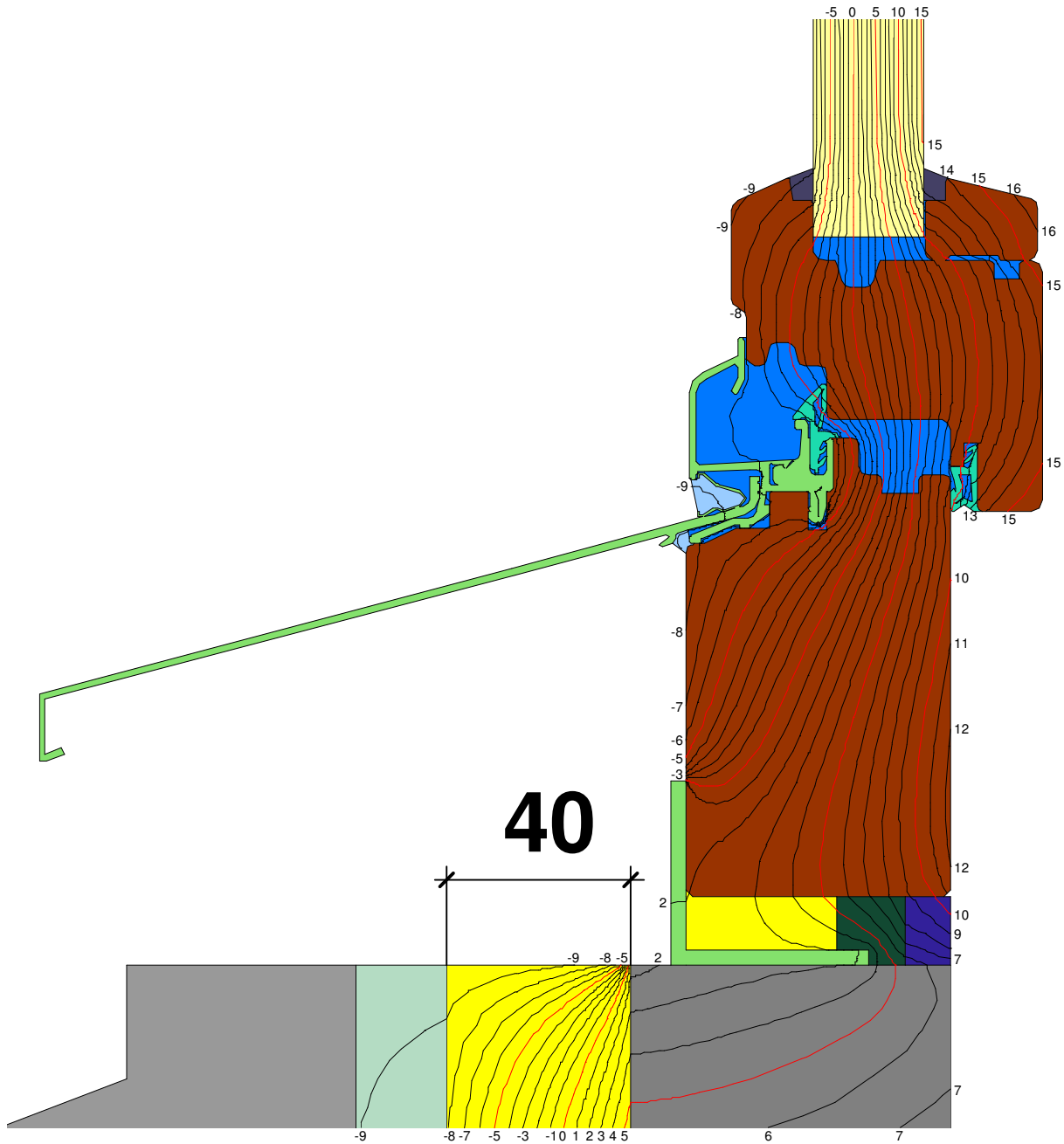
Seite 4

ZT-SFB / BPH



# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
26-1 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung, EG - 6. OG, Fensterbereich



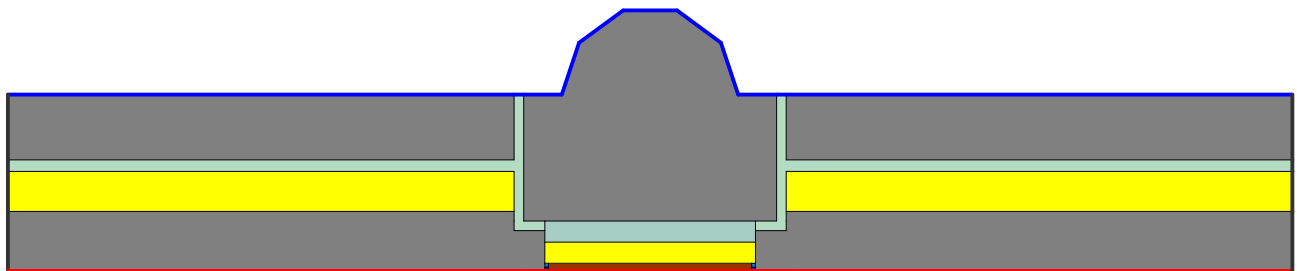
# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 9-1 Außenwand - Außenwand - Brüstungselement/Stütze EG - 6. OG  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH

## Fassaden-Stütze



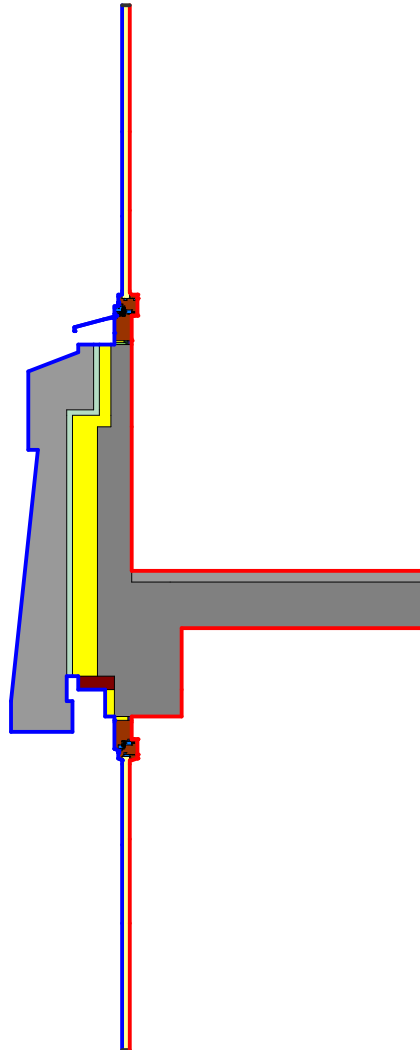
| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                     | q [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | R [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|---|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                            | 2,300               | Aussen Standard          | -10,000               |               | 0,040                     |
| Fassadenplatte 429                                      | 0,040               | Innen Standard           | 20,000                |               | 0,130                     |
| Fensterholz Meranti (Hartholz)                          | 0,180               | Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                 |               |                           |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 20 mm | 0,2222              |                          |                       |               |                           |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 35 mm | 0,3889              |                          |                       |               |                           |
| Rein-Silicon  | 0,350               |                          |                       |               |                           |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                          |                     |                          |                       |               |                           |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 26-1 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung, EG - 6. OG, Fensterbereich  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH



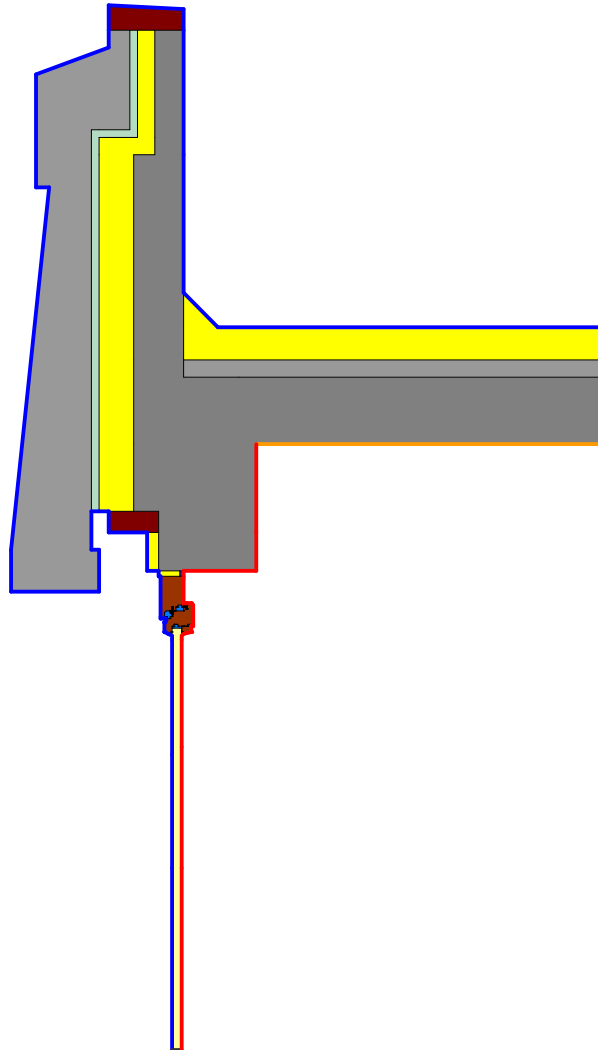
| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                     | q [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | R [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|---|---------------------|--------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| Aluminium (Si-Legierungen)                              | 160,000             | Aussen Standard          | -10,000               |               | 0,040                     |
| Bauholz   | 0,130               | Innen Standard           | 20,000                |               | 0,130                     |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                            | 2,300               | Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                 |               |                           |
| Beton hohe Rohdichte 2400                               | 2,000               |                          |                       |               |                           |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)                    | 0,250               |                          |                       |               |                           |
| Fassadenplatte 429                                      | 0,040               |                          |                       |               |                           |
| Fensterholz Meranti (Hartholz)                          | 0,180               |                          |                       |               |                           |
| Leicht belüftete Hohlräume, Eps=0.9                     |                     |                          |                       |               |                           |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 20 mm | 0,2222              |                          |                       |               |                           |
| Maske   | 0,035               |                          |                       |               |                           |
| Moosgummi   | 0,050               |                          |                       |               |                           |
| Rein-Silicon  | 0,350               |                          |                       |               |                           |
| Rein-Silicon (1)  | 0,350               |                          |                       |               |                           |
| Teppich / Teppichböden                                  | 0,060               |                          |                       |               |                           |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                          |                     |                          |                       |               |                           |
| Weich-Holz (typisches Bauholz)                          | 0,130               |                          |                       |               |                           |
| Zementestrich   | 1,400               |                          |                       |               |                           |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 27-1 Außenwand - Balkon/Terrasse, 4./6. OG

Eingaben

ZT-SFB / BPH



| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                      | q [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | R [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|---|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| Bauholz   | 0,130               | Aussen Standard           | -10,000               |               | 0,040                     |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                            | 2,300               | Innen Standard            | 20,000                |               | 0,130                     |
| Beton hohe Rohdichte 2400                               | 2,000               | Innen Wärmestrom aufwärts | 20,000                |               | 0,100                     |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)                    | 0,250               | Symmetrie/Bauteilschnitt  | 0,000                 |               |                           |
| Fassadenplatte 429                                      | 0,040               |                           |                       |               |                           |
| Fensterholz Meranti (Hartholz)                          | 0,180               |                           |                       |               |                           |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 20 mm | 0,2222              |                           |                       |               |                           |
| Maske   | 0,035               |                           |                       |               |                           |
| Rein-Silicon  | 0,350               |                           |                       |               |                           |
| Rein-Silicon (1)  | 0,350               |                           |                       |               |                           |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                          |                     |                           |                       |               |                           |
| Weich-Holz (typisches Bauholz)                          | 0,130               |                           |                       |               |                           |
| Zementestrich   | 1,400               |                           |                       |               |                           |

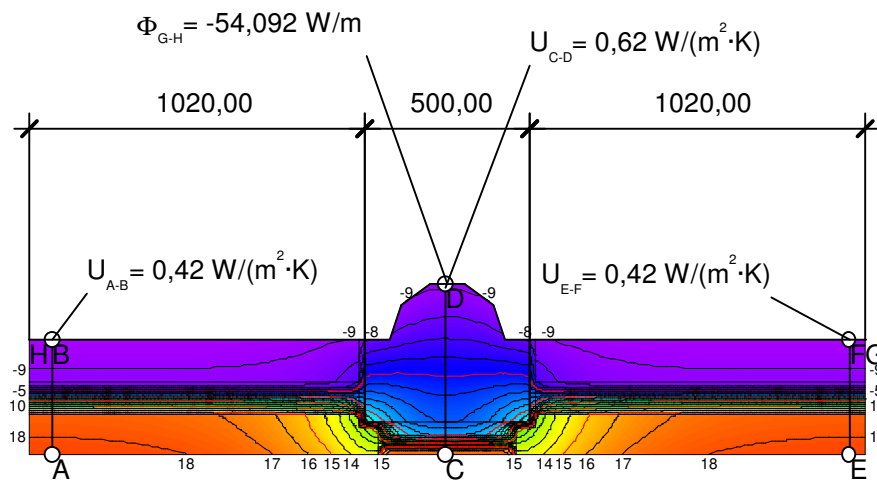
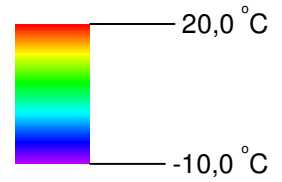


# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 9-1 Außenwand - Außenwand - Brüstungselement/Stütze EG - 6. OG  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



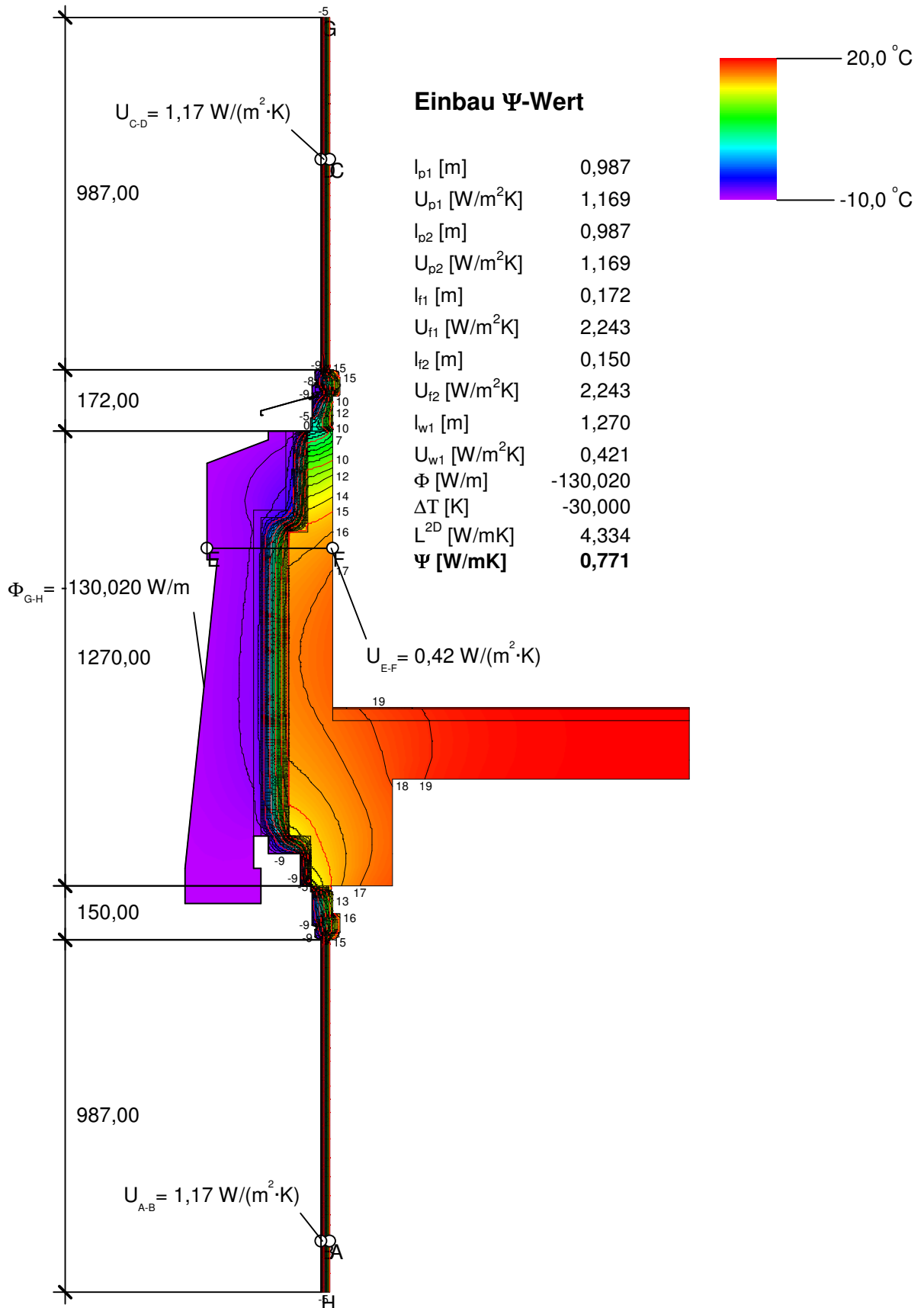
## Einbau $\Psi$ -Wert

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| $l_{w1}$ [m]                  | 1,020        |
| $U_{w1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,422        |
| $l_{w2}$ [m]                  | 0,500        |
| $U_{w2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,618        |
| $l_{w3}$ [m]                  | 1,020        |
| $U_{w3}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,422        |
| $\Phi$ [W/m]                  | -54,092      |
| $\Delta T$ [K]                | -30,000      |
| $L^{2D}$ [W/mK]               | 1,803        |
| $\Psi$ [W/mK]                 | <b>1,063</b> |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Bürogebäude Züblin-Haus, Albstadtweg, 70567 Stuttgart  
 26-1 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung, EG - 6. OG, Fensterbereich  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



Anlage 2: Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen  
WB-Zuschlags zu Bericht: Kapitel 3.8

Ergebnisse

| lfd Nr.                                    | Abkürzung   | $\Psi_e$<br>[W/mK] | Länge l<br>[m]                         | %      | $F_{t,w}$<br>[-] | $\Psi_e \times l$<br>[W/K] |
|--|---|--------------------|--|--------|------------------|----------------------------|
| 1  | AW-BA Außenwand-Balkon/Teeküchen 6.OG, Verbindungssteg            | 0,091              | 6,000                                  | 0,1%   | 1,00             | 0,546                      |
| 2  | AW-BA Außenwand-Balkon/Teeküchen 6.OG (Vorstand), Verbindungssteg | 0,112              | 6,000                                  | 0,1%   | 1,00             | 0,672                      |
| 3  | AW-BA Außenwand-Balkon/Terrasse, 4./6.OG                          | 0,086              | 16,000                                 | 0,4%   | 1,00             | 1,376                      |
| 4  | KW-BP-ig-mE Kelleraußenwand-Bodenplatte-innengedämmt-mit Erde >1m | 0,068              | 140,000                                | 3,3%   | 0,45             | 4,284                      |
| 5  | FE-AW-La Fenster-Außenwand-Laibung, EG - 6.OG, gegen unbeh. Halle | 0,081              | 163,200                                | 3,8%   | 1,00             | 13,219                     |
| 6  | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Fensterelement/Bespr.-räume EG-6. OG | 0,617              | 23,800                                 | 0,6%   | 1,00             | 14,685                     |
| 7  | AW-FDA-At Außenwand-Flachdach-Attika zur Halle                    | 0,147              | 120,000                                | 2,8%   | 1,00             | 17,640                     |
| 8  | FE-AW-La Fenster-Außenwand-Laibung, EG - 6.OG                     | 0,066              | 299,200                                | 7,0%   | 1,00             | 19,747                     |
| 9  | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Brüstelement/Bespr.-räume EG-6. OG   | 1,192              | 18,200                                 | 0,4%   | 1,00             | 21,694                     |
| 10   | AW-BA Außenwand-Balkon/Laubengang 6.OG (Vorstand)                 | 0,432              | 64,000                                 | 1,5%   | 1,00             | 27,648                     |
| 11   | AW-GD Außenwand-Geschoßdeckeneinb., UG-EG, gegen unbeh. KG        | 0,830              | 33,500                                 | 0,8%   | 1,00             | 27,805                     |
| 12   | AW-BA Außenwand-Balkon/Terrasse, 4./6.OG                          | 0,322              | 100,000                                | 2,3%   | 1,00             | 32,200                     |
| 13   | AW-BA Außenwand-Balkon/Terrasse, 4./6.OG                          | 0,522              | 68,000                                 | 1,6%   | 1,00             | 35,496                     |
| 14   | AW-BA Außenwand-Balkon/Laubengang 6.OG                            | 0,481              | 108,000                                | 2,5%   | 1,00             | 51,948                     |
| 15   | AW-GD Außenwand-Geschoßdeckeneinb., UG-EG, gegen beh. KG          | 0,436              | 127,300                                | 3,0%   | 1,00             | 55,503                     |
| 16   | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Fensterelement/TH, EG - 6.OG         | 0,569              | 102,000                                | 2,4%   | 1,00             | 58,038                     |
| 17   | AW-BA Außenwand-Balkon/Laubengang 6.OG (EG)                       | 0,320              | 192,000                                | 4,5%   | 1,00             | 61,440                     |
| 18   | AW-BA Außenwand-Balkon/Teeküchen EG - 5.OG, Verbindungssteg       | 0,930              | 72,000                                 | 1,7%   | 1,00             | 66,960                     |
| 19   | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Brüstungselement/TH, EG - 6.OG       | 1,119              | 78,000                                 | 1,8%   | 1,00             | 87,282                     |
| 20   | AW-GD Außenwand-Geschoßdeckeneinb., EG-6.OG, gegen unbeh. Halle   | 0,486              | 482,400                                | 11,3%  | 1,00             | 234,446                    |
| 21   | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Brüstungselement/Stütze, EG - 6.OG   | 0,948              | 253,440                                | 5,9%   | 1,00             | 240,261                    |
| 22   | AW-BA Außenwand-Balkon/Terrasse, 4./6.OG (Technikgeschoss)        | 0,979              | 329,700                                | 7,7%   | 1,00             | 322,776                    |
| 23   | AW-AW-Br Außenwand-Außenwand-Brüstungselement/Stütze, EG - 6.OG   | 1,063              | 464,640                                | 10,8%  | 1,00             | 493,912                    |
| 24   | AW-GD Außenwand-Geschoßdeckeneinbindung, EG-6.OG, Fenster         | 0,771              | 1.018,400                              | 23,8%  | 1,00             | 785,186                    |
|  |   |                    | 4.285,780                              | 100,0% |                  |                            |
|  |   |                    | Summe =                                |        |                  | 2.674,766                  |
|  |   |                    | wärmeabgebende Umfassungsfläche =      |        |                  | 16.544,000                 |
|  |   |                    | Wärmebrückenzuschlag $\Delta U_{WB}$ = |        |                  | 0,162                      |
| Farblegende für Zuordnung der Wärmebrücken |   |                    |  |        |                  |                            |
|  | Wärmebrücken Abschluss Dach, inkl. Attiken                        |                    |  |        |                  |                            |
|  | senkrechte Fassadenflächen außerhalb Erdreich                     |                    |  |        |                  |                            |
|  | Boden- und Kellerdeckenabschluss                                  |                    |  |        |                  |                            |



**Anlage 3:** *Bericht Wärmebildkamera*  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

Anlage enthält **25** Seiten

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

---



---

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>Firma</b> | Ed. Züblin AG, ZT - SFB<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Prüfer:<br>Martin Baar<br>Telefon: 0711 / 7883 - 774<br>E-Mail: martin.baar@zueblin.de |
|--------------|---|--|

---

|              |             |   |
|--------------|-------------|---|
| <b>Gerät</b> | testo 880-3 | Serien-Nr.: 1556181<br>Objektiv: Standardobjektiv 32° x 24° |
|--------------|-------------|---|

---

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Auftraggeber</b> | REG - Ressourceneffiziente<br>Gebäude für die Welt von<br>Übermorgen<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Messort:<br>Züblin-Haus<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart<br>Messdatum: 27.01.2009 |
|---------------------|--|--|

---

|                |   |  |
|----------------|---|--|
| <b>Auftrag</b> | Allgemeine Überprüfung von Wärmebrücken am Beispiel eines Altbaus.<br>Hier: Überprüfung Fassade<br><br>Die Prüfung wurde gemäß EN 13187 mit einer Wärmebildkamera durchgeführt. |  |
|----------------|---|--|

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

---

**Beschreibung des Gebäudes:**

**Konstruktion:**

Stahlbeton-Fertigteilbau mit Stahlbeton-Fertigteil-Fassaden-Elemente

**Orientierung (Himmelsrichtung):**

Nord - Süd

**Umgebung:**

Stadtrand, locker bebaut

---

**Witterungsbedingungen:**

| Außenlufttemperatur | min                   | max                   |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 24h vor der Messung | -5,3 (08:26:23Uhr) °C | 2,2 (15:26:23 Uhr) °C |
| Während der Messung | -3,0 (06:41:23Uhr) °C | -2,6 (08:11:23Uhr) °C |

| Sonneneinstrahlung  |                         |
|---------------------|-------------------------|
| 12h vor der Messung | nachts, bewölker Himmel |
| Während der Messung | kurz vor Sonnenaufgang  |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Niederschlag   | kein Niederschlag |
| Windgeschwindigkeit  | keine Messung     |
| Windrichtung   | keine Messung     |
| Innenlufttemperatur  | 23 °C             |
| Lufttemperaturdifferenz zw. Innen- u. Außenseite der Umschließungsfläche | 26 °C             |
| Luftdruckdifferenz zw. windab- und windzugewandter Seite                 | keine Messung     |
| Weitere Faktoren   | keine Messung     |

---

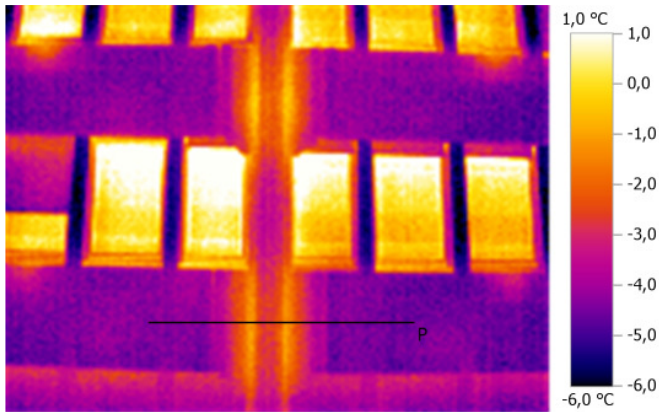
**Abweichungen zu den vorgegebenen Prüfanforderungen:**

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

Datei:  
96.BMT

Datum:  
27.01.2009

Uhrzeit:  
06:55:19

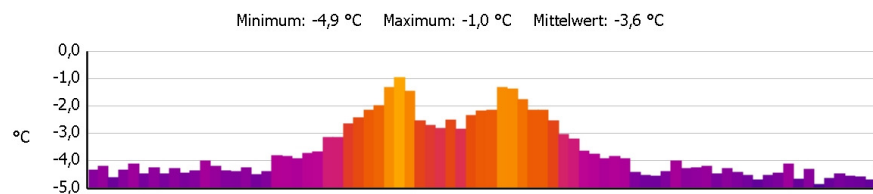


Bildparameter:

Emissionsgrad: 0,94

Refl. Temp. [°C]: -3,0

Profillinie:



Bemerkungen:

Meßort:

Längsfassade Züblin-Haus

Die Fassade besteht aus vorgehängten Beton-Fertigteil-Elementen. Im Zwischenraum variiert die Wärmedämmstärke von 2 - 8cm Dicke. Hinter den Fassaden-Stützen verjüngt sich die Dämmstärke auf 2cm. Hinter den Brüstungselementen sind max. 8cm eingebaut WD eingebaut. Daraus ergeben sich die großen Temperaturunterschiede/Wärmebrückeneffekte zwischen Wand/Brüstungselement und Stützen.

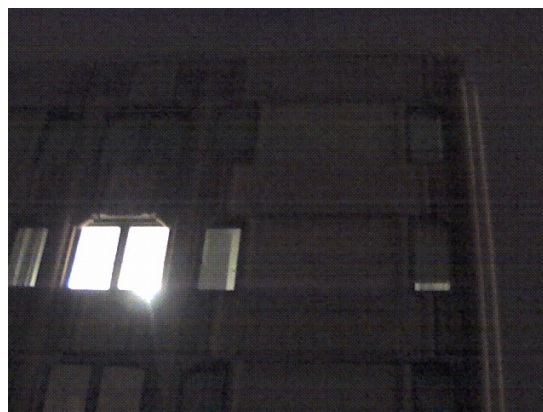
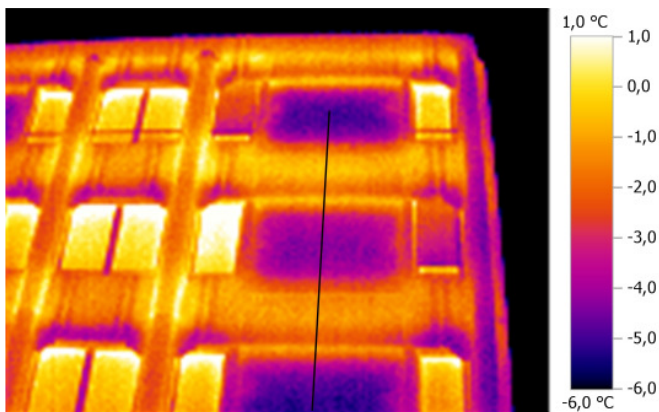


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
101.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:53:30

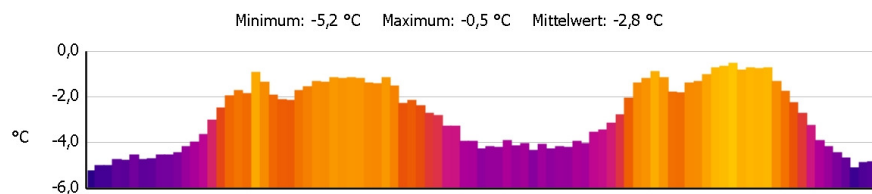


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** -3,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Längsfassade Züblin-Haus

Größere Wärmeverluste durch Fugen und unterschiedlich starke Wärmedämmung hinter den Brüstungselementen im Vergleich zu den ungestörten Wandflächen.

**Fazit:**

Die optisch individuelle Architektur des Gebäudes beinhaltet viele planerische Wärmebrücken durch Fugen und Dämmstärkernveränderungen.

16.03.2009 ,

\_\_\_\_\_  
Martin Baar

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

---

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>Firma</b> | Ed. Züblin AG, ZT - SFB<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Prüfer:<br>Martin Baar<br>Telefon: 0711 / 7883 - 774<br>E-Mail: martin.baar@zueblin.de |
|--------------|---|--|

---

|              |             |   |
|--------------|-------------|---|
| <b>Gerät</b> | testo 880-3 | Serien-Nr.: 1556181<br>Objektiv: Standardobjektiv 32° x 24° |
|--------------|-------------|---|

---

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Auftraggeber</b> | REG - Ressourceneffiziente<br>Gebäude für die Welt von<br>Übermorgen<br>Albstadtweg 3<br>70567 | Messort:<br>Züblin-Haus<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart<br>Messdatum: 27.01.2009 |
|---------------------|--|--|

---

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| <b>Auftrag</b> | Allgemeine Überprüfung von Wärmebrücken am Beispiel eines Altbaus.<br>Hier: Überprüfung Innenbereich<br><br>Die Prüfung wurde gemäß EN 13187 mit einer Wärmebildkamera durchgeführt. |  |
|----------------|--|--|

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

---

**Beschreibung des Gebäudes:**

**Konstruktion:**

Stahlbeton-Fertigteilbau mit Stahlbeton-Fertigteil-Fassaden-Elemente

**Orientierung (Himmelsrichtung):**

Nord - Süd

**Umgebung:**

Stadttrand, locker bebaut

---

**Witterungsbedingungen:**

| Außenlufttemperatur | min                   | max                   |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 24h vor der Messung | -5,3 (08:26:23Uhr) °C | 2,2 (15:26:23Uhr) °C  |
| Während der Messung | -3,0 (06:41:23Uhr) °C | -2,6 (08:11:23Uhr) °C |

| Sonneneinstrahlung  |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 12h vor der Messung | nachts, bewölkter Himmel |
| Während der Messung | kurz vor Sonnenaufgang   |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Niederschlag   | kein Niederschlag |
| Windgeschwindigkeit  | keine Messung     |
| Windrichtung   | keine Messung     |
| Innenlufttemperatur  | 23 °C             |
| Lufttemperaturdifferenz zw. Innen- u. Außenseite der Umschließungsfläche | 26 °C             |
| Luftdruckdifferenz zw. windab- und windzugewandter Seite                 | keine Messung     |
| Weitere Faktoren   | keine Messung     |

---

**Abweichungen zu den vorgegebenen Prüfanforderungen:**

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

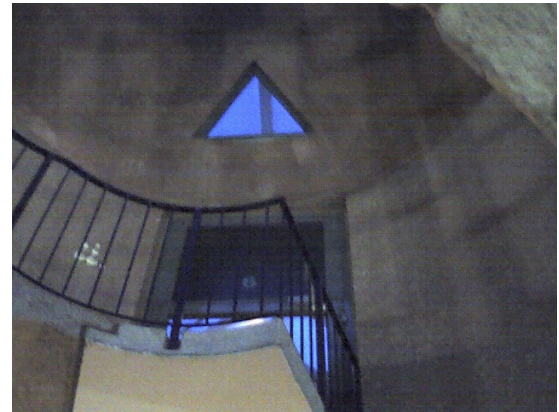
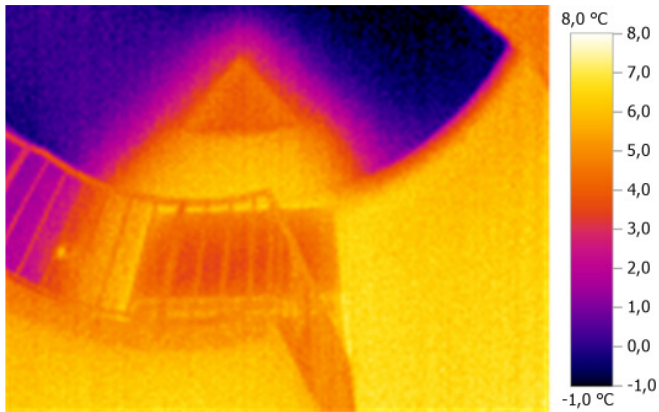
---

**Datei:**  
116.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:31:26

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 5,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Treppenhaus-Kopf 6. OG,

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

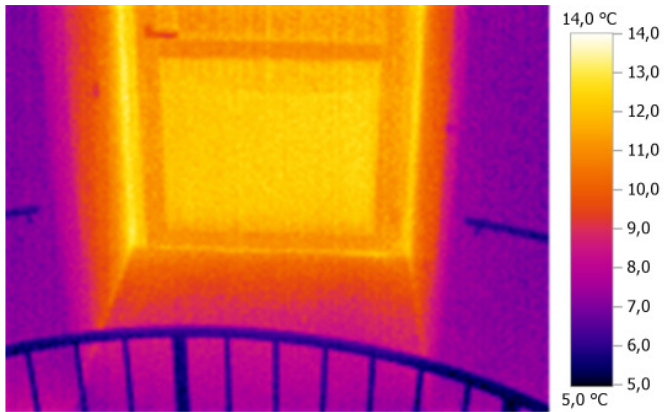
---

**Datei:**  
119.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:26:24

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 5,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

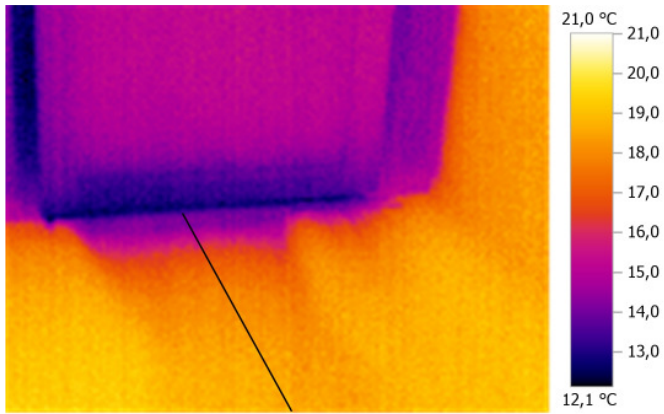
Züblin-Haus, Treppenhaus 4. OG, Eingang zum Flur

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
122.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:36:46

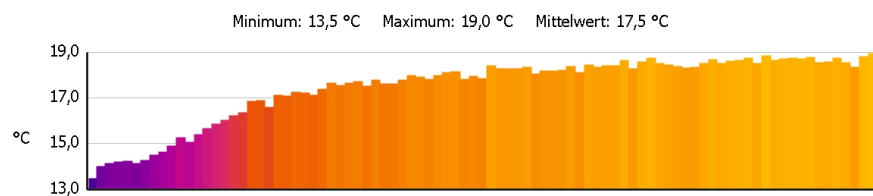


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Flurtüre zum Steg 4. OG,

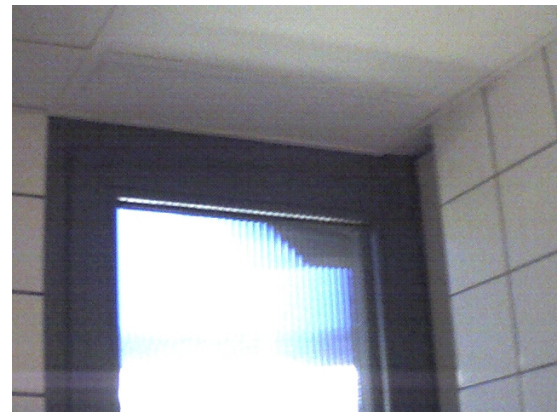
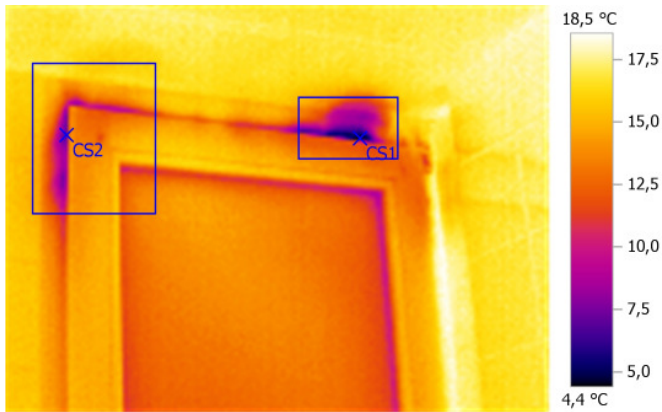


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
123.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:38:18



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 4,4        | 0,94   | 20,0             | -           |
| Kältester Punkt 2 | 7,2        | 0,94   | 20,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, WC-Fenster 4. OG

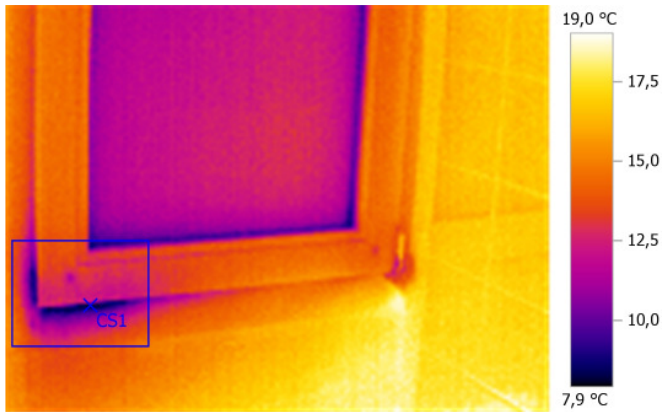
Undichtigkeiten des Fensterrahmens

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
124.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:38:51



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 7,9        | 0,94   | 20,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, WC-Fenster 4. OG

Undichtigkeiten des Fensterrahmens



# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

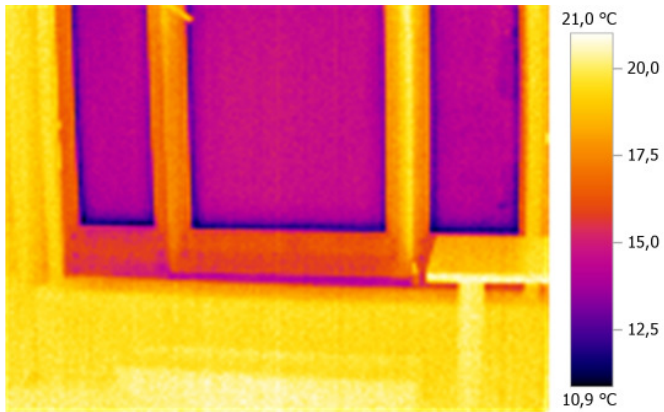
---

**Datei:**  
125.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:34:04

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Ausgang zur Terrasse 4. OG

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

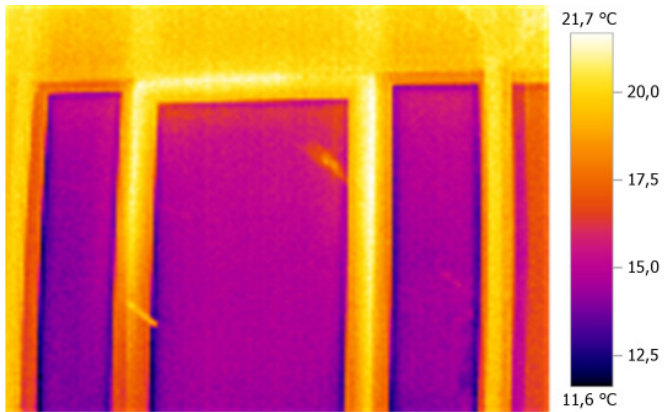
---

**Datei:**  
126.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:34:13

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Ausgang zur Terrasse 4. OG

## REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

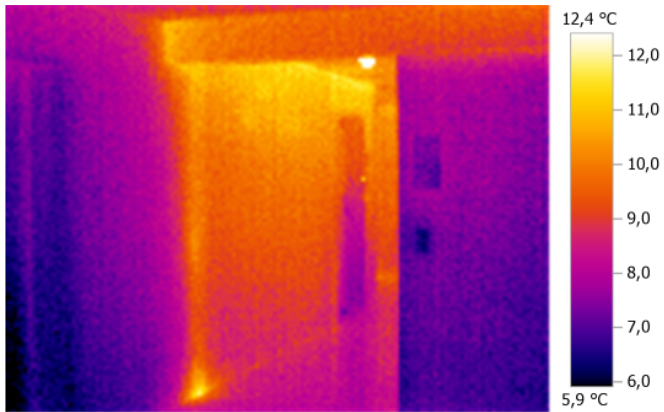
---

**Datei:**  
131.BMT

**Datum:**  
27.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:42:00

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** -6,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Zugang zum Weinkeller 1. UG (Kantine)

Im Vordergrund links, Zugang zur TG, ab dem Unterzug WC 1. UG

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

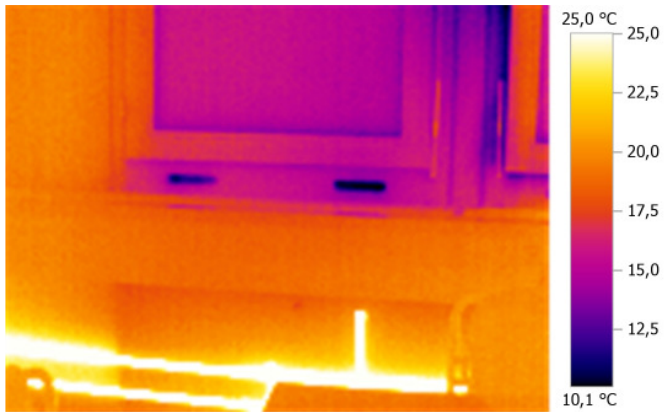
---

**Datei:**  
154.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:45:00

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

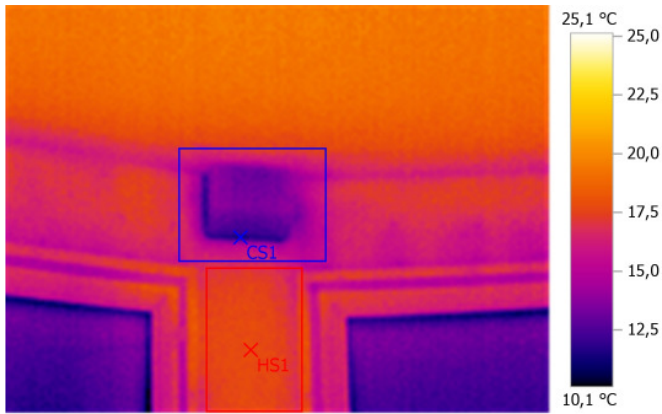
Züblin-Haus, Fenster zur Halle mit Lüftungsschlitze

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
163.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:51:34



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 11,4       | 0,94   | 22,0             | -           |
| Wärmster Punkt 1  | 18,1       | 0,94   | 22,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, runder Besprechungsraum 4. OG, Ostseite

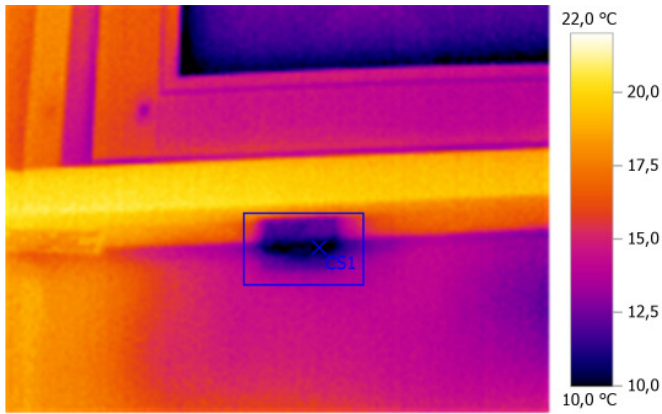


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
164.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:52:52



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 9,4        | 0,94   | 22,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, runder Besprechungsraum 4. OG, Ostseite

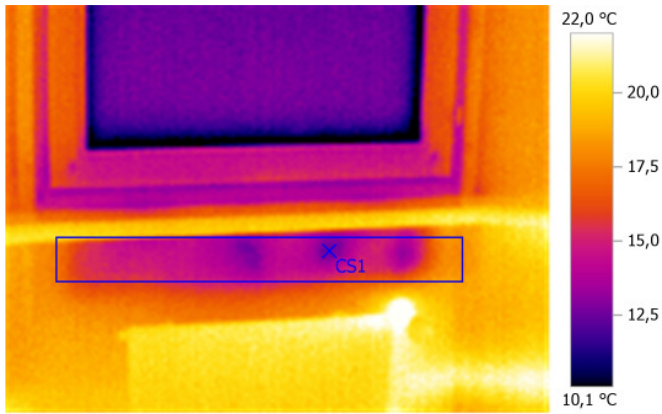
Stahllaschen zur Fensterbank-Befestigung

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
165.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:53:15



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 12,5       | 0,94   | 22,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

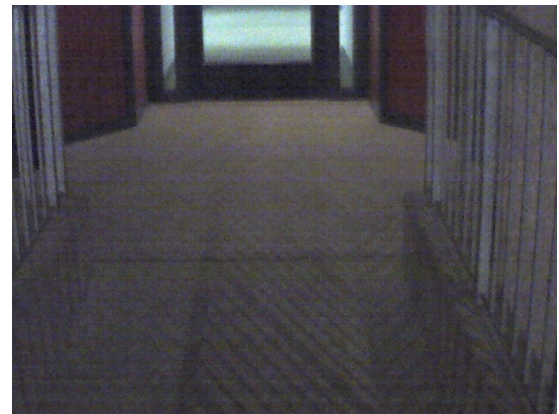
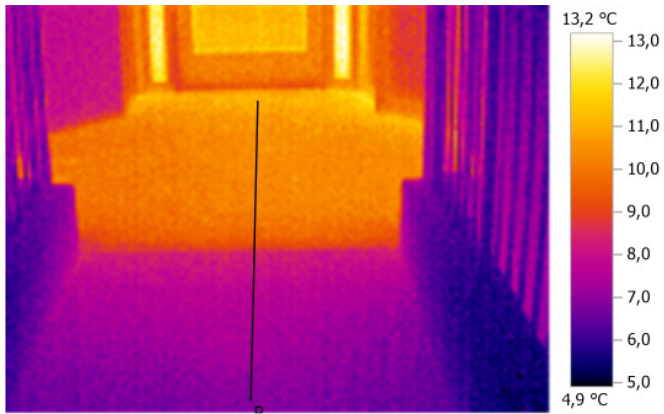
Züblin-Haus, runder Besprechungsraum 4. OG, Ostseite

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
172.BMT

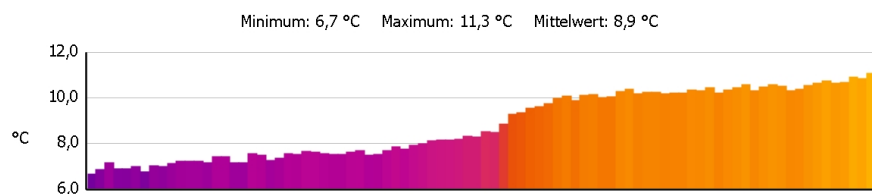
**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:57:38



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 7,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Steg Zugang zum Flur 4. OG, Ostseite

Trennfuge des Stegs zur Podestplatte (Teeküchen)

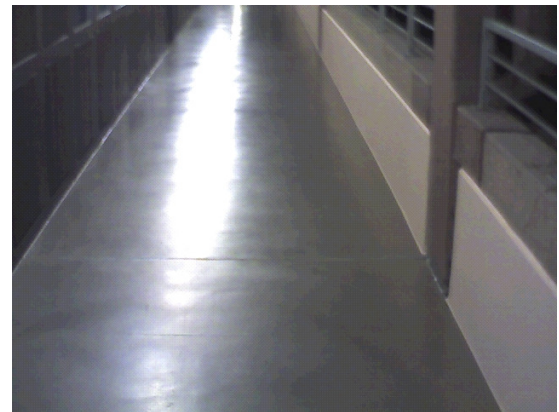
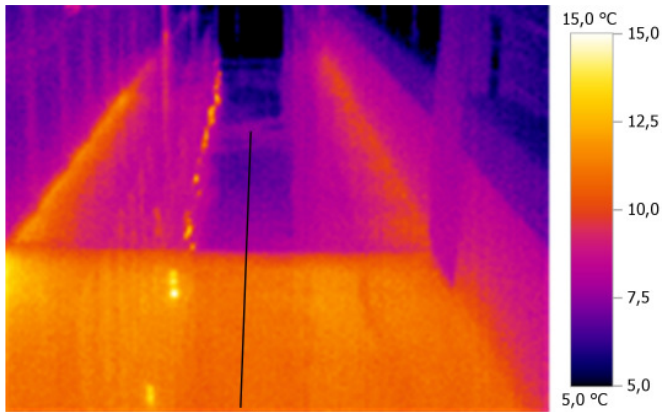


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
176.BMT

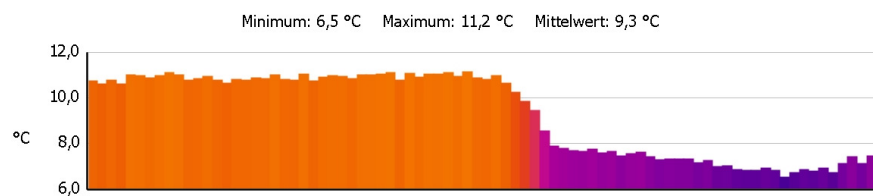
**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
06:56:05



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 7,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Steg Zugang zu den Hallen-Büros 5. OG, Westseite

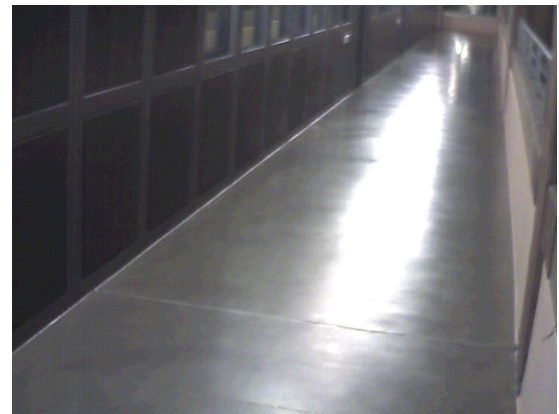
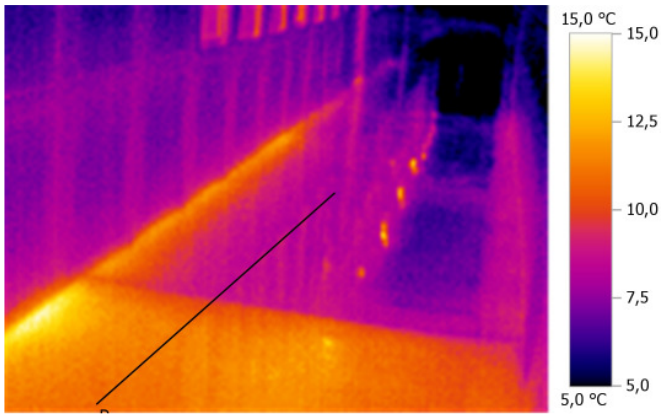
Trennfuge des Stegs ab der Podestplatte

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

**Datei:**  
179.BMT

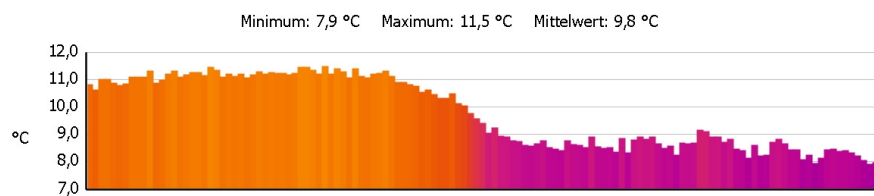
**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:07:47



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 7,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Steg Zugang zu den Hallen-Büros 5. OG, Westseite

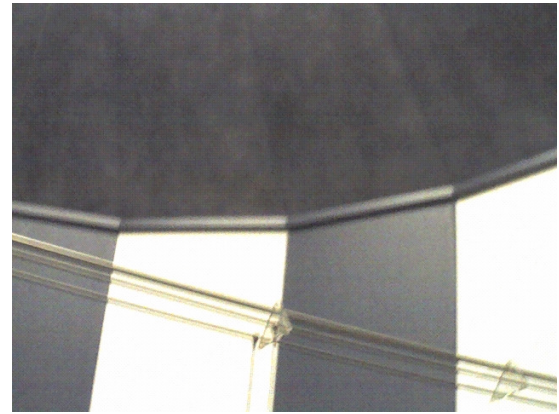
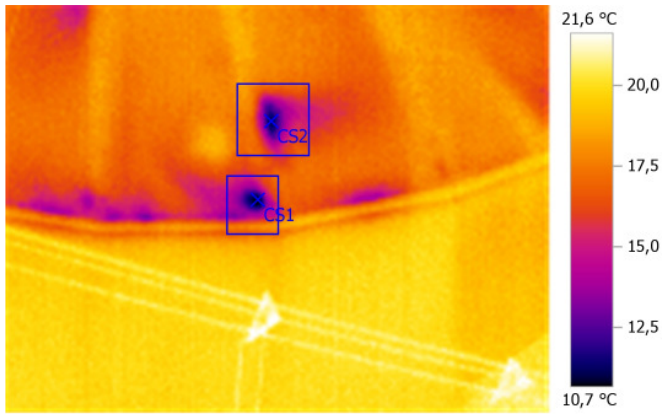
Trennfuge des Stegs ab der Podestplatte

**REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus**

**Datei:**  
182.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:04:17



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 10,5       | 0,94   | 22,0             | -           |
| Kältester Punkt 2 | 10,8       | 0,94   | 22,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Besprechungsraum 6. OG, Westseite

Wärmebrücken in der Dachhaut

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

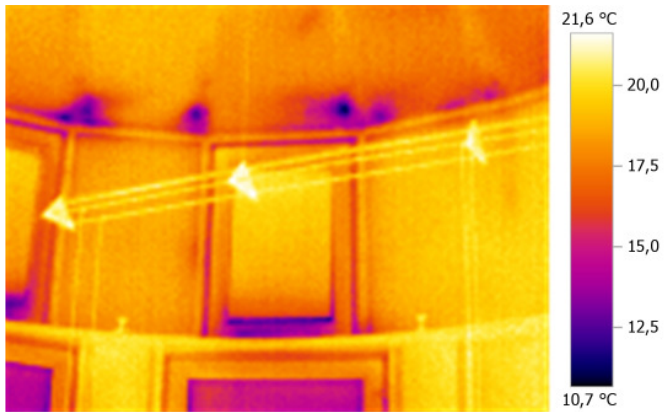
---

**Datei:**  
183.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:04:31

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Besprechungsraum 6. OG, Westseite

Wärmebrücken in der Dachhaut

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

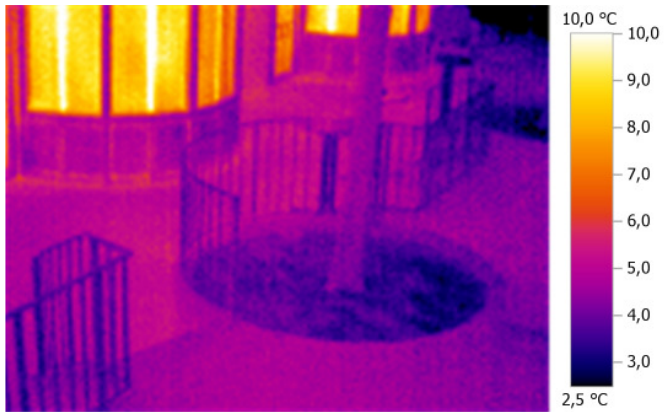
---

**Datei:**  
186.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:09:33

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 7,0

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

Züblin-Haus, Ansicht Kantine von der Halle aus.



# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Züblin-Haus

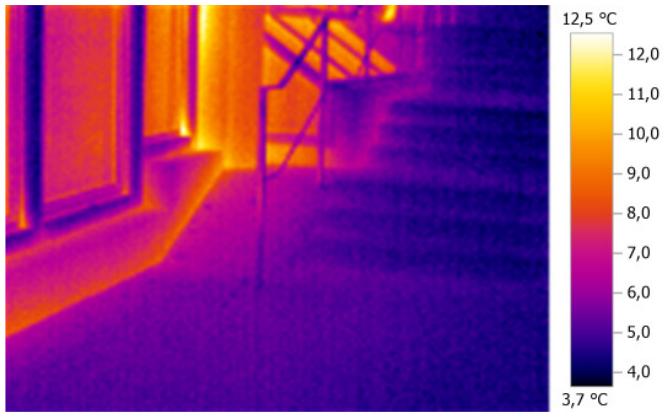
---

**Datei:**  
188.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
07:11:34

---



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 7,0

---

**Bemerkungen:**  
Meßort:

Züblin-Haus, Ansicht Druckerei von der Halle aus.

---

17.03.2009 ,

\_\_\_\_\_  
Martin Baar

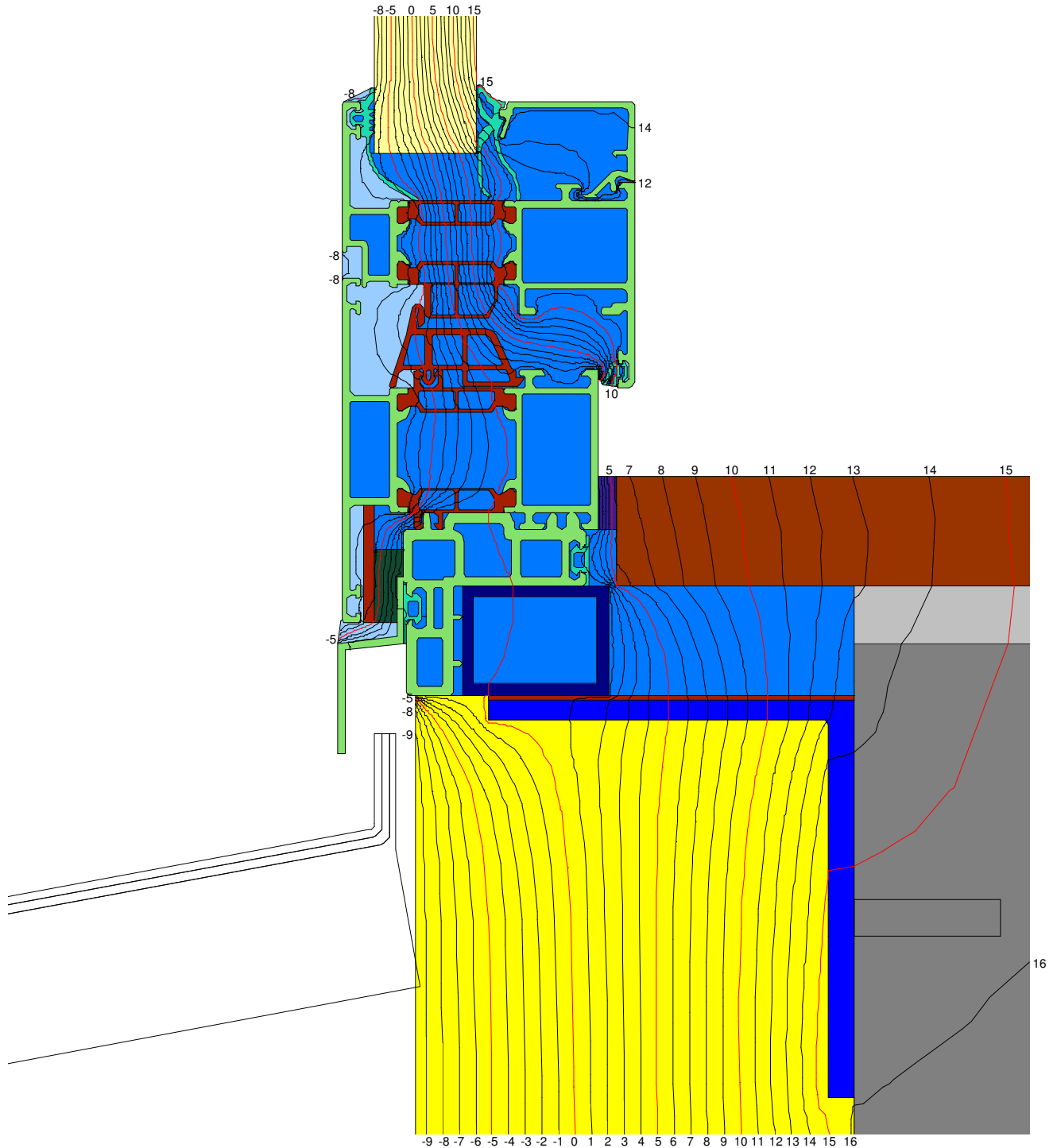
**Anlage 1: Wärmebrückenberechnung (Auszug)**  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

Anlage enthält **10** Seiten

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
20-1 Fenster - Außenwand - Brüstung - Fenster  
Seite 4

ZT-SFB / BPH





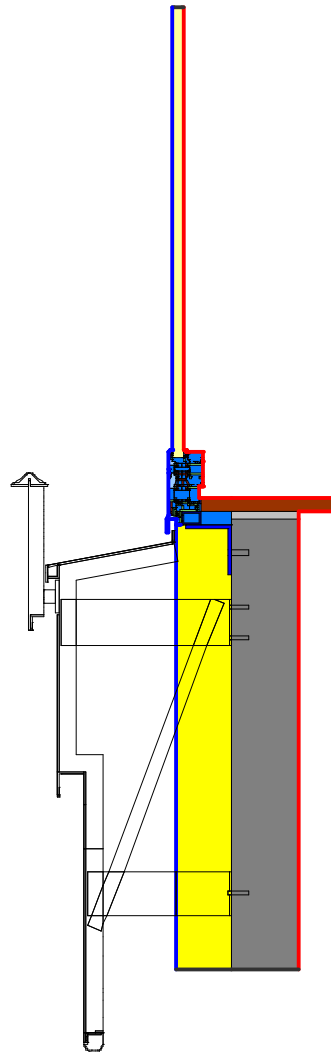


# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 20-1 Fenster - Außenwand - Brüstung - Fenster  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH



| Name                                     | $\lambda$ [W/(m·K)] |
|--|---------------------|
| Aluminium (Si-Legierungen)               | 160,000             |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)             | 2,300               |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)     | 0,250               |
| Fassadenplatte 429                       | 0,040               |
| Leicht belüftete Hohlräume, Eps=0.9      |                     |
| Maske                                    | 0,035               |
| Moosgummi                                | 0,050               |
| Naturstein Fenster-Sims                  | 2,800               |
| Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt | 0,300               |
| Rein-Silicon                             | 0,350               |
| Stahl                                    | 50,000              |
| Stahl equ. Fenster-Anschl.bügel          | 3,740               |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9           |                     |
| Zementmörtel                             | 1,400               |

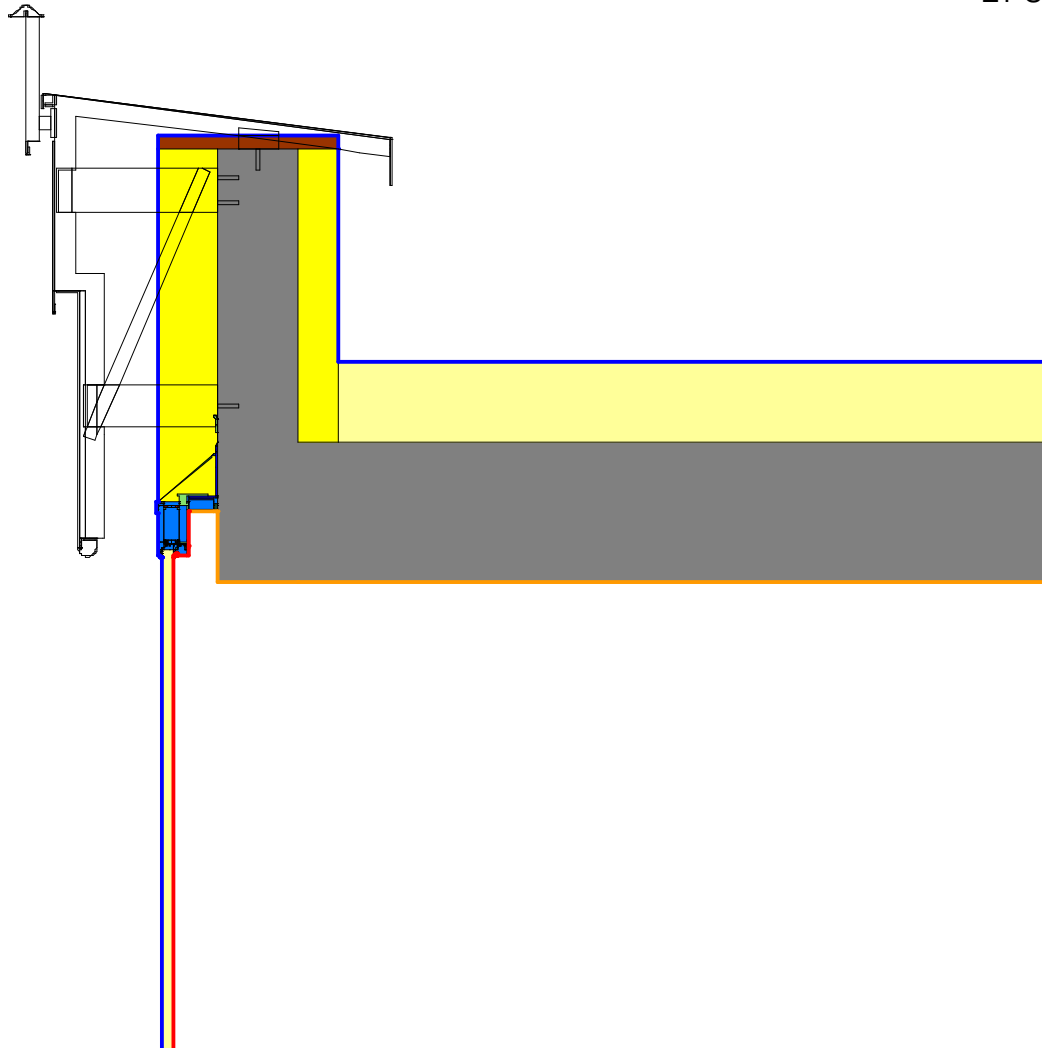
| Name                     | $q$ [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | $R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|--------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| Aussen Standard          | -10,000                 |               | 0,040                       |
| Innen Standard           | 20,000                  |               | 0,130                       |
| Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                   |               |                             |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 22-1 Fenster - Außenwand - Sturz - Festverglasung  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH



| Name   | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                      | $q$ [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | $R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|--|---------------------|---------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| Aluminium (Si-Legierungen)                       | 160,000             | Aussen Standard           | -10,000                 |               | 0,040                       |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                     | 2,300               | Innen Standard            | 20,000                  |               | 0,130                       |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)             | 0,250               | Innen Wärmestrom aufwärts | 20,000                  |               | 0,100                       |
| Fassadenplatte 429                               | 0,040               | Symmetrie/Bauteilschnitt  | 0,000                   |               |                             |
| Floatglas  | 1,000               |                           |                         |               |                             |
| Holzwohle-Leichtbauplatten, Plattendicke >= 25mm | 0,093               |                           |                         |               |                             |
| Maske  | 0,035               |                           |                         |               |                             |
| Moosgummi  | 0,050               |                           |                         |               |                             |
| Neopren (Polychloropren, PCP)                    | 0,230               |                           |                         |               |                             |
| Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt         | 0,300               |                           |                         |               |                             |
| Rein-Silicon                                     | 0,350               |                           |                         |               |                             |
| Stahl  | 50,000              |                           |                         |               |                             |
| Stahl equ. Fenster-Anschl.bügel                  | 3,740               |                           |                         |               |                             |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                   |                     |                           |                         |               |                             |
| WD Dach  | 0,035               |                           |                         |               |                             |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

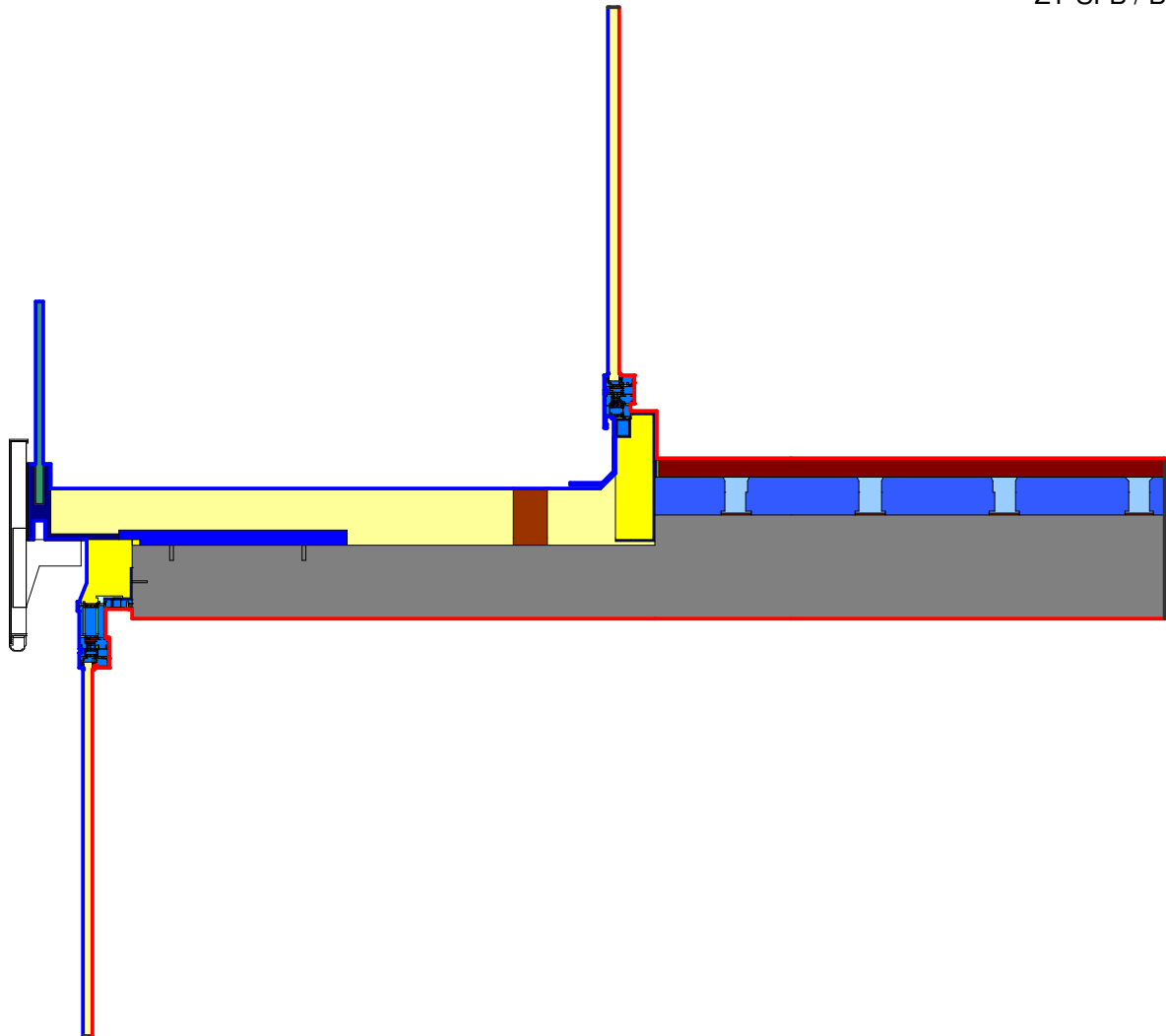
**ZÜBLIN**

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen

27-1 Außenwand - Balkon

Eingaben

ZT-SFB / BPH



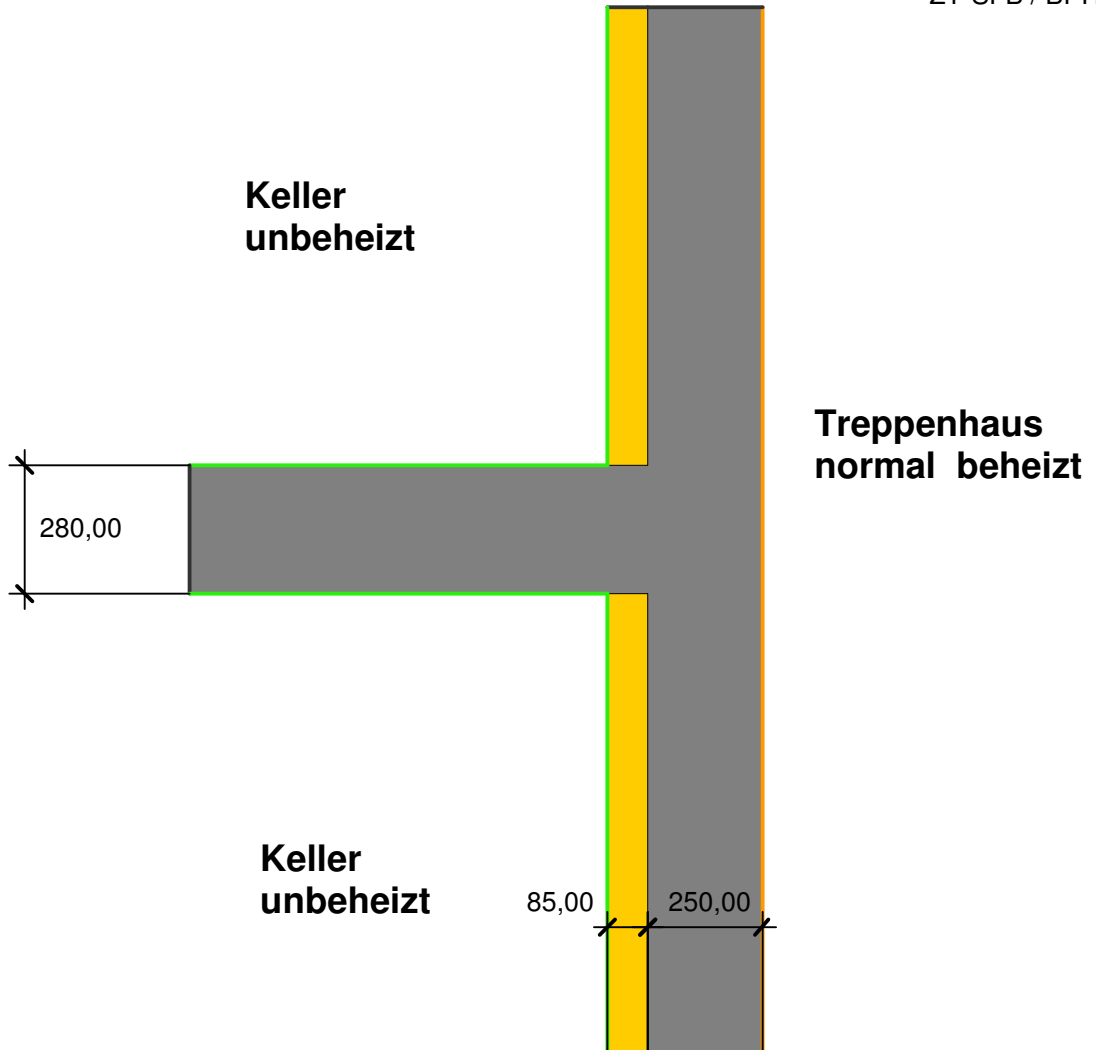
| Name   | $\lambda$ [W/(m·K)] |
|--|---------------------|
| Alu - equ. Fass. UK                          | 4,780               |
| Aluminium (Si-Legierungen)                   | 160,000             |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                 | 2,300               |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)         | 0,250               |
| Fassadenplatte 429                           | 0,040               |
| Fichte, Kiefer, Tanne                        | 0,130               |
| Flachpressplatten                            | 0,130               |
| Floatglas                                    | 1,000               |
| Luftschicht, ruhend, aufwärts, Dicke: 150 mm | 0,9375              |
| Maske  | 0,035               |
| Moosgummi                                    | 0,050               |
| Neopren (Polychloropren, PCP)                | 0,230               |
| Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt     | 0,300               |
| Rein-Silicon                                 | 0,350               |
| Stahl  | 50,000              |
| Stahl equ. DoBo-FüÙe                         | 0,970               |
| Stahl equ. Fenster-Anschl.bügel              | 3,740               |
| Teppich / Teppichböden                       | 0,060               |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9               |                     |
| WD Dach                                      | 0,035               |

| Name                     | q[W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | R[(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|--------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|
| Aussen Standard          |                      | -10,000       | 0,040                    |
| Innen Standard           |                      | 20,000        | 0,130                    |
| Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                |               |                          |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 34-4 Innenwand - Geschossdeckeneinbindung - Treppenhaus beheizt  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH

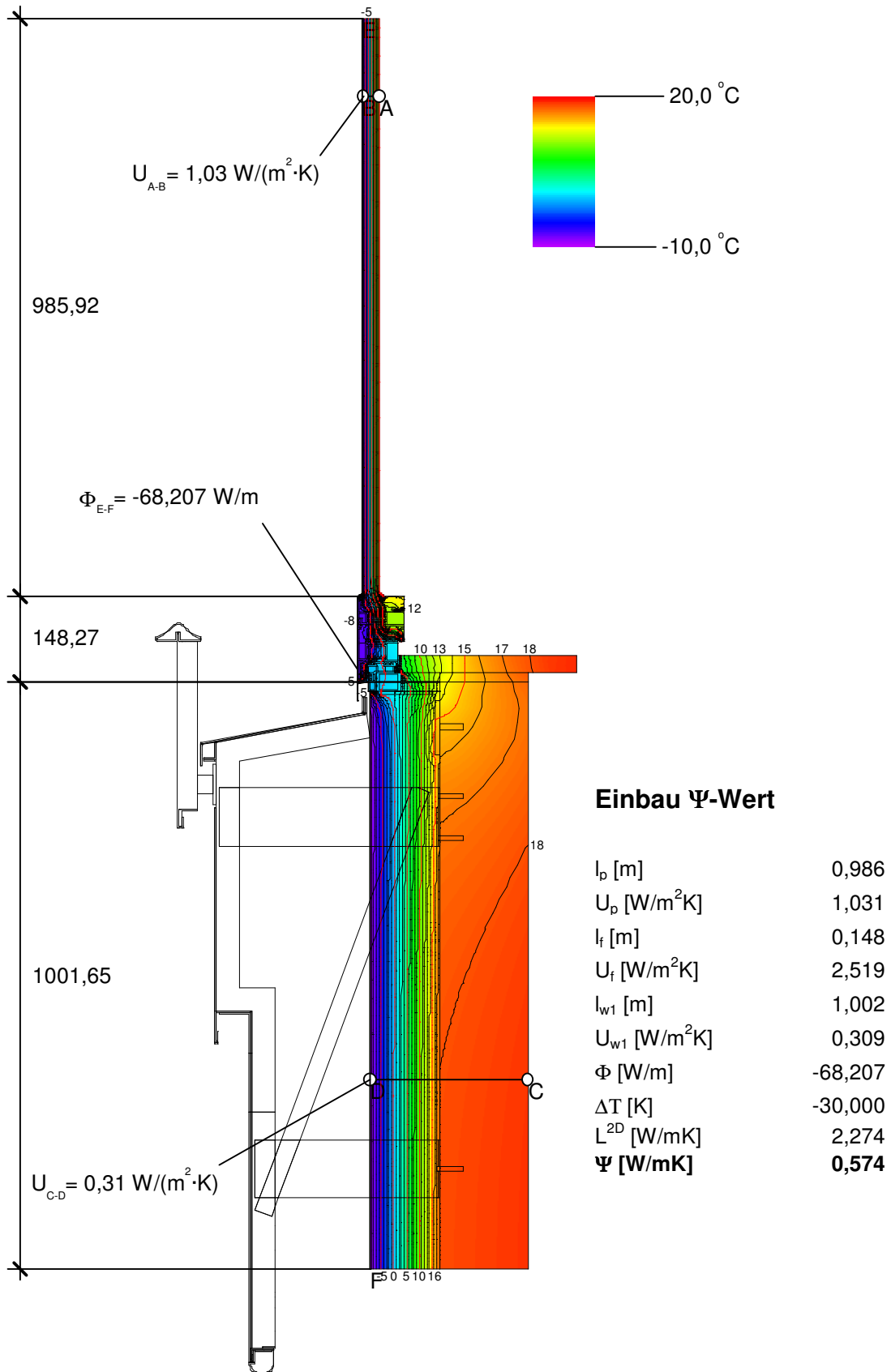


| Name                         | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                     | $q$ [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | $R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| Beton armiert (mit 1% Stahl) | 2,300               | Innen Wärmestrom abwärts | 20,000                  | 2,000         | 0,170                       |
| Kellerdämmung                | 0,040               | Keller unbeheizt         |                         |               | 0,170                       |
|                              |                     | Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                   |               |                             |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 20-1 Fenster - Außenwand - Brüstung - Fenster  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH

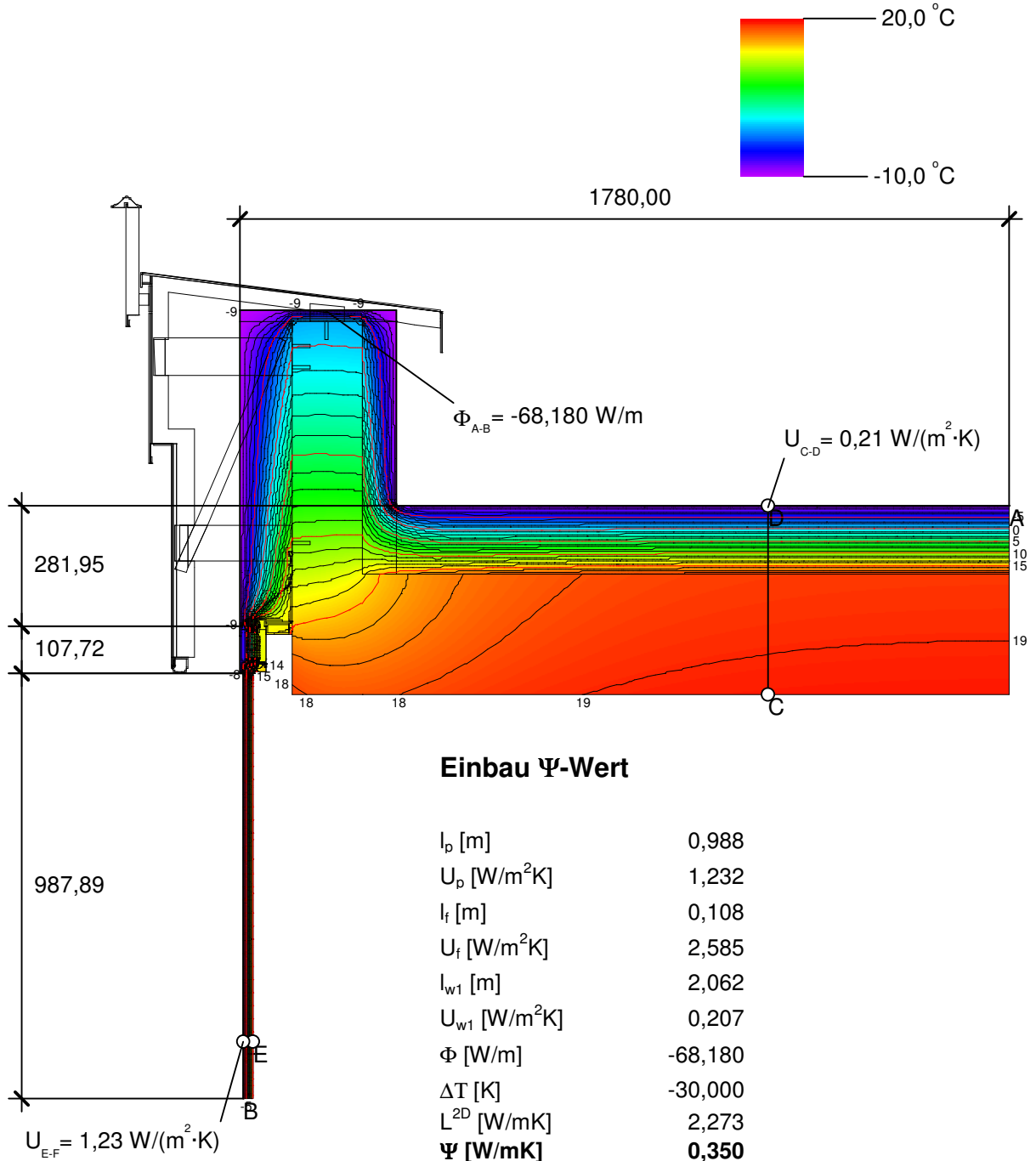


# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 22-1 Fenster - Außenwand - Sturz - Festverglasung  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



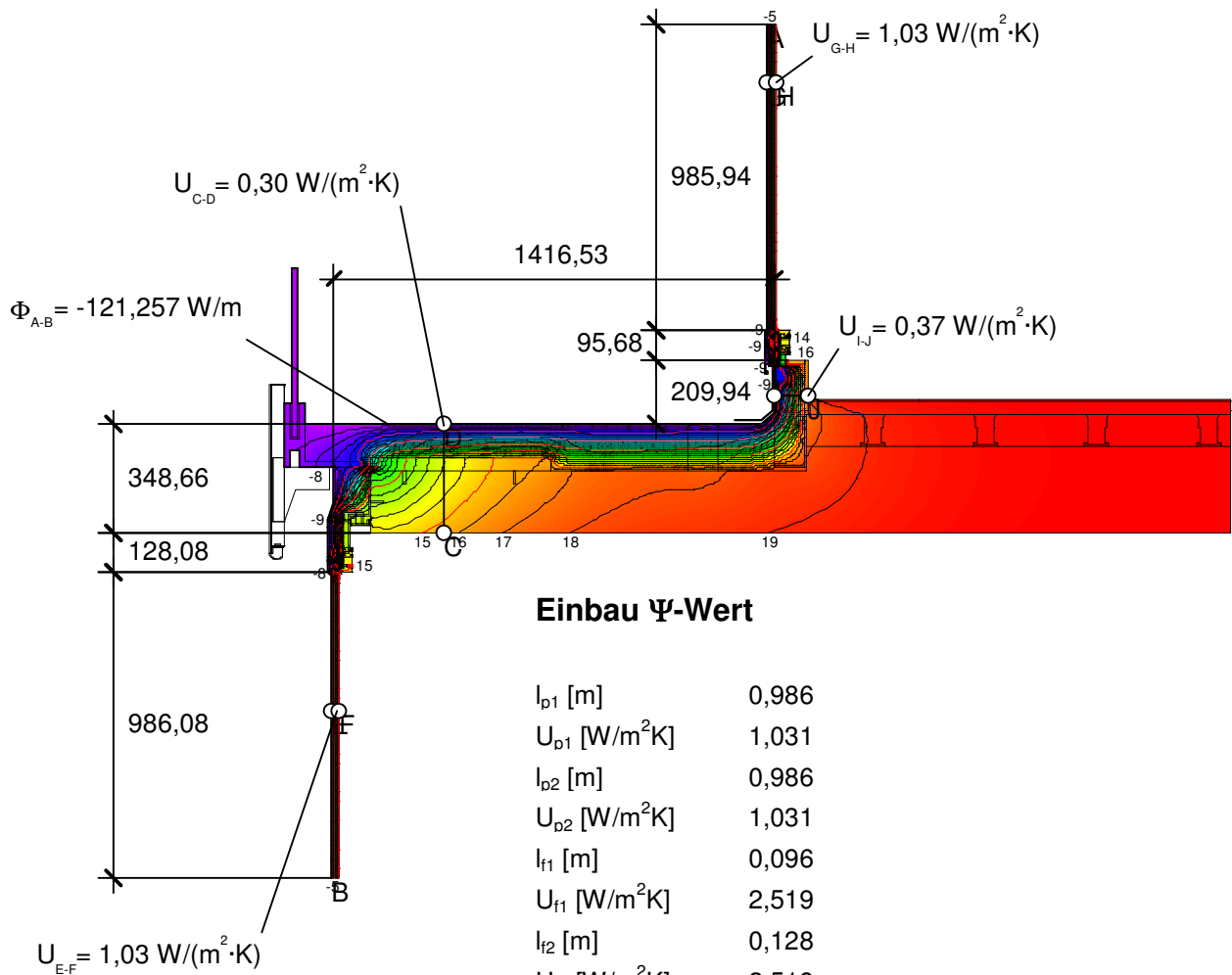
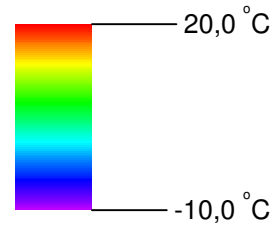
# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen

27-1 Außenwand - Balkon

Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



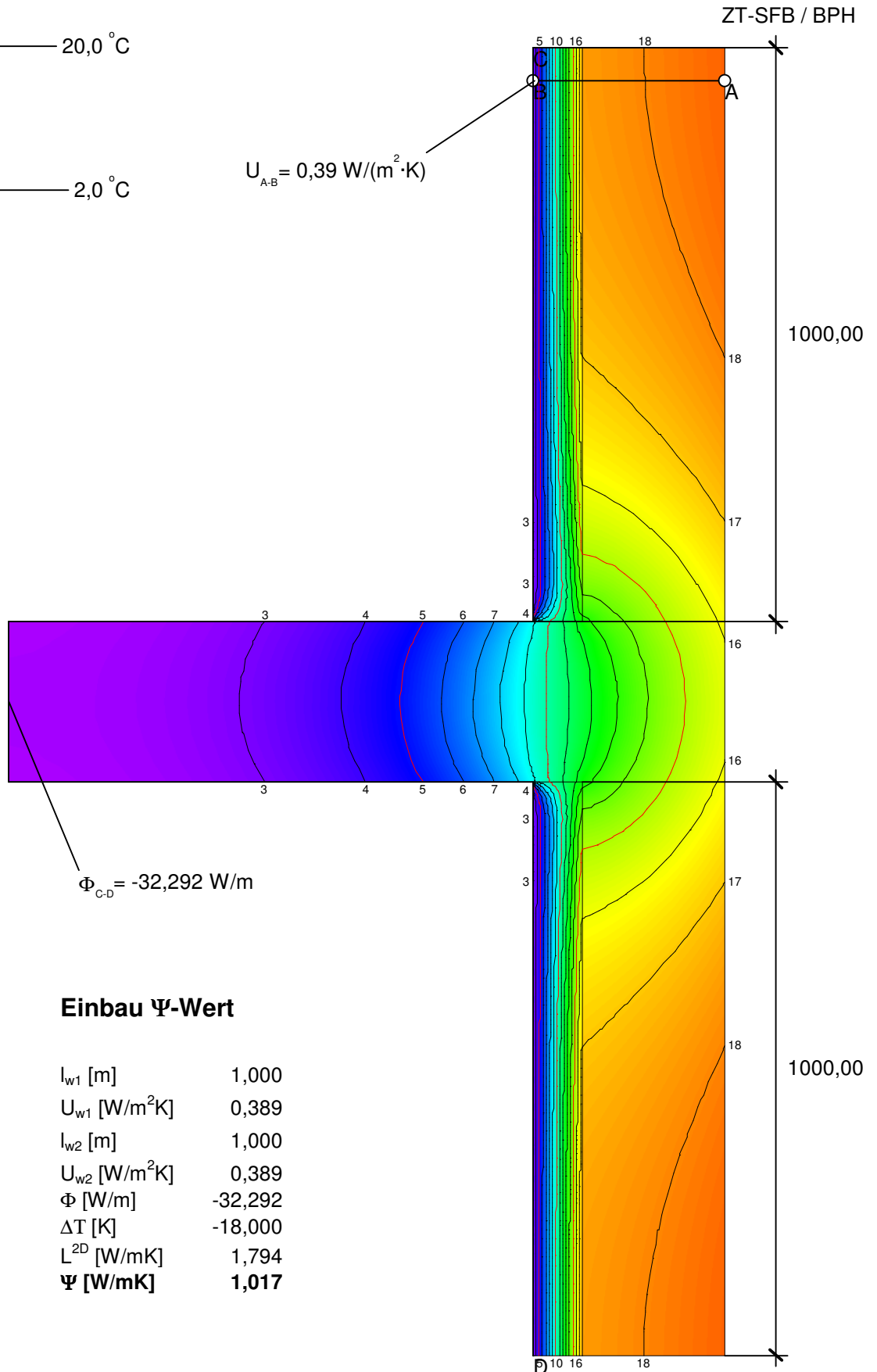
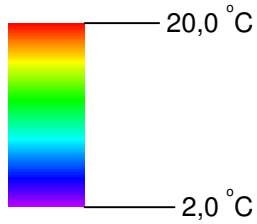
## Einbau $\Psi$ -Wert

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| $l_{p1}$ [m]                  | 0,986        |
| $U_{p1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{p2}$ [m]                  | 0,986        |
| $U_{p2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{f1}$ [m]                  | 0,096        |
| $U_{f1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 2,519        |
| $l_{f2}$ [m]                  | 0,128        |
| $U_{f2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 2,519        |
| $l_{w1}$ [m]                  | 0,210        |
| $U_{w1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,372        |
| $l_{w2}$ [m]                  | 1,417        |
| $U_{w2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,297        |
| $l_{w3}$ [m]                  | 0,349        |
| $U_{w3}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,309        |
| $\Phi$ [W/m]                  | -121,257     |
| $\Delta T$ [K]                | -30,000      |
| $L^{2D}$ [W/mK]               | 4,042        |
| $\Psi$ [W/mK]                 | <b>0,839</b> |



# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: Z-Zwo, Stuttgart - Möhringen  
 34-4 Innenwand - Geschossdeckeneinbindung - Treppenhaus beheizt  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung



## Einbau $\Psi$ -Wert

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| $l_{w1}$ [m]                    | 1,000        |
| $U_{w1}$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 0,389        |
| $l_{w2}$ [m]                    | 1,000        |
| $U_{w2}$ [W/m <sup>2</sup> K]   | 0,389        |
| $\Phi$ [W/m]                    | -32,292      |
| $\Delta T$ [K]                  | -18,000      |
| $L^{2D}$ [W/mK]                 | 1,794        |
| <b><math>\Psi</math> [W/mK]</b> | <b>1,017</b> |





**Anlage 3:** *Bericht Wärmebildkamera*  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

Anlage enthält **11** Seiten

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

---

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>Firma</b> | Ed. Züblin AG, ZT - SFB<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Prüfer:<br>Martin Baar<br>Telefon: 0711 / 7883 - 774<br>E-Mail: martin.baar@zueblin.de |
|--------------|---|--|

---

|              |             |   |
|--------------|-------------|---|
| <b>Gerät</b> | testo 880-3 | Serien-Nr.: 1556181<br>Objektiv: Standardobjektiv 32° x 24° |
|--------------|-------------|---|

---

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| <b>Auftraggeber</b> | REG - Ressourceneffiziente<br>Gebäude für die Welt von<br>Übermorgen<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Messort:<br>Bürogebäude Z-Zwo<br>Vaihingerstr. 161<br>70567 Stuttgart<br>Messdatum: 30.01.2009 |
|---------------------|--|--|

---

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| <b>Auftrag</b> | Allgemeine Überprüfung von Wärmebrücken am Beispiel eines Neubaus.<br>Hier: Überprüfung Tiefgarage<br><br>Die Prüfung wurde gemäß EN 13187 mit einer Wärmebildkamera durchgeführt. |  |
|----------------|--|--|

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

---

**Beschreibung des Gebäudes:**

**Konstruktion:**

Stahlbeton-Konstruktion mit außenliegender Wärmedämmung und Alu-Blech-Fassadenverkleidung

**Orientierung (Himmelsrichtung):**

Nord - Süd

**Umgebung:**

Stadttrand, locker bebaut

---

**Witterungsbedingungen:**

| Außenlufttemperatur | min                   | max                   |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| 24h vor der Messung | -4,4 (03:11:23uhr) °C | 1,7 (13.41:23Uhr) °C  |
| Während der Messung | -4,4 (06:11:23Uhr) °C | -3,2 (07:11:23Uhr) °C |

| Sonneneinstrahlung  |                                       |
|---------------------|---------------------------------------|
| 12h vor der Messung | nachts, klarer Himmel                 |
| Während der Messung | kurz vor Sonnenaufgang, klarer Himmel |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Niederschlag   | kein Niederschlag |
| Windgeschwindigkeit  | keine Messung     |
| Windrichtung   | keine Messung     |
| Innenlufttemperatur  | 23 °C             |
| Lufttemperaturdifferenz zw. Innen- u. Außenseite der Umschließungsfläche | 26 °C             |
| Luftdruckdifferenz zw. windab- und windzugewandter Seite                 | keine Messung     |
| Weitere Faktoren   | keine Messung     |

---

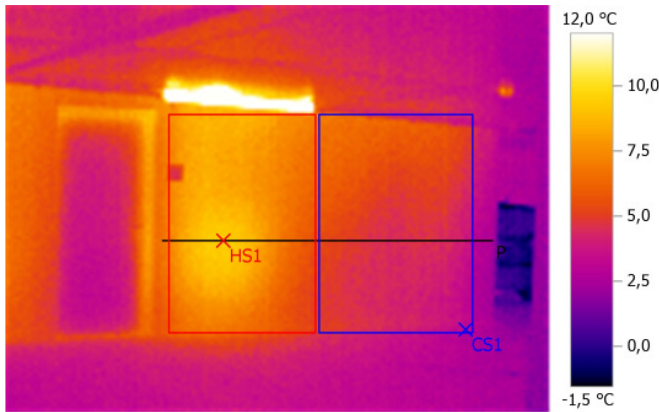
**Abweichungen zu den vorgegebenen Prüfanforderungen:**

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
232.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:40:21

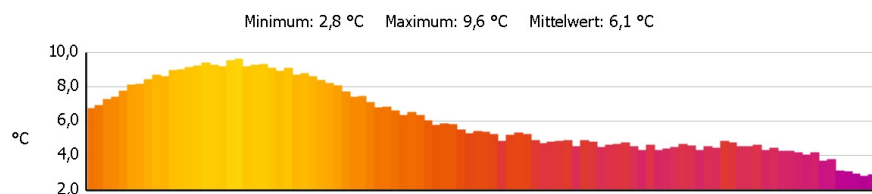


**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 3,0        | 0,94   | 3,2              | -           |
| Wärmster Punkt 1  | 9,6        | 0,94   | 3,2              | -           |

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Eingang Schleuse zum Treppenhaus

Rechts neben der Türe sieht man den Einfluss des Heizkörpers in der Schleuse. Die Wand ist nicht gedämmt. Beide Messpunkte geben den Temperatur-Unterschied von ca. 6 Kelvin der Wand wider.

Fazit:

Energieverluste aufgrund fehlender Wärmedämmung der Wand.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

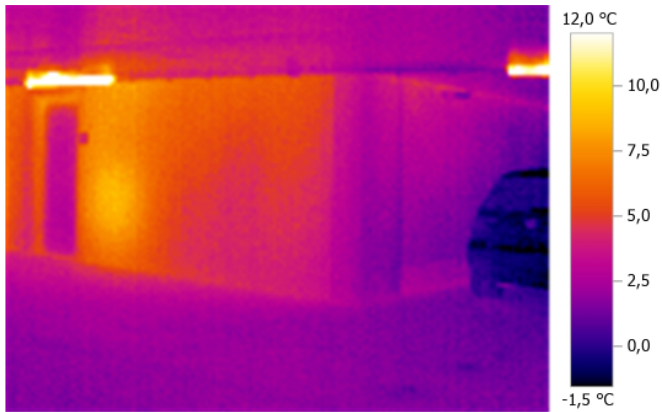
---

**Datei:**  
234.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:34:22

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Eingang Schleuse zum Treppenhaus

wie Bild 232

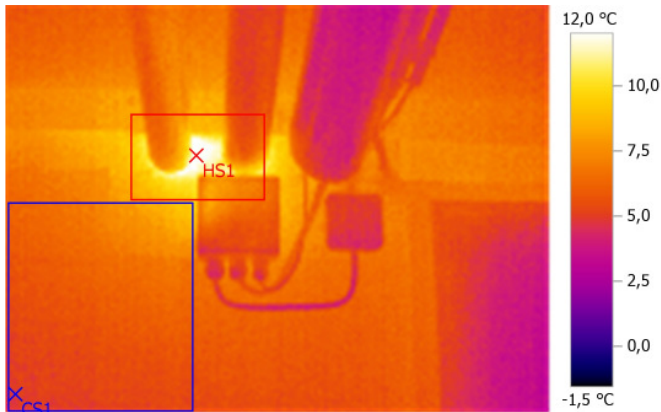


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
239.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:42:28



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 4,6        | 0,94   | 3,2              | -           |
| Wärmster Punkt 1  | 13,2       | 0,94   | 3,2              | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Leitunsführung TGA

Fazit:

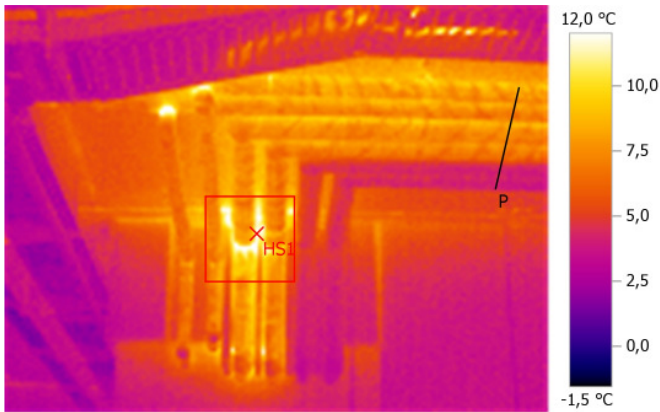
Energieverluste aufgrund geringer Wärmedämmung der Rohrleitung.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
241.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:44:22

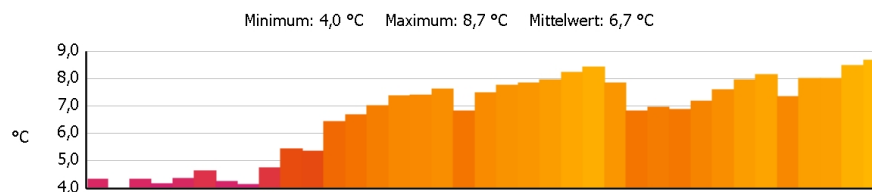


**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte      | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Wärmster Punkt 1 | 13,4       | 0,94   | 3,2              | -           |

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Leitunsführung TGA

Fazit:

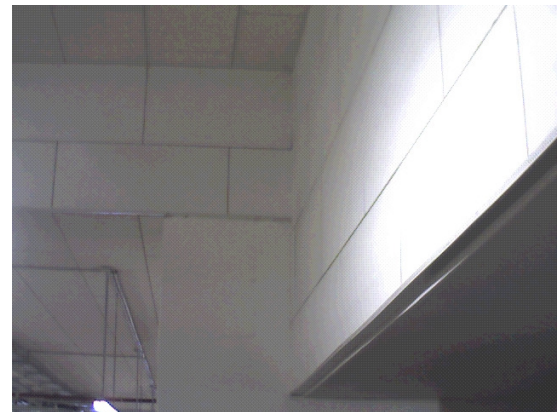
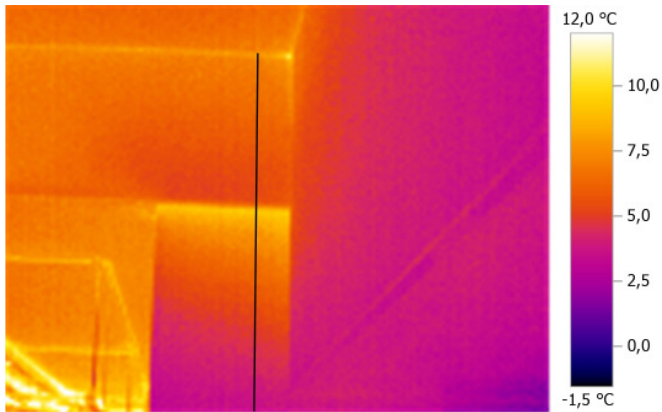
Energieverluste aufgrund geringer Wärmedämmung der Rohrleitung.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
247.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:51:13

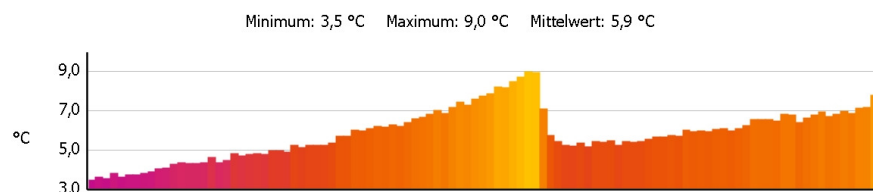


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Stützen im Parkbereich

Die Stütze ist nur im Bereich des Deckensprungs mit Wärmedämmung versehen. Innerhalb von ca. 1m kühlt sich die Stütze um ca. 6°C ab.

Fazit:

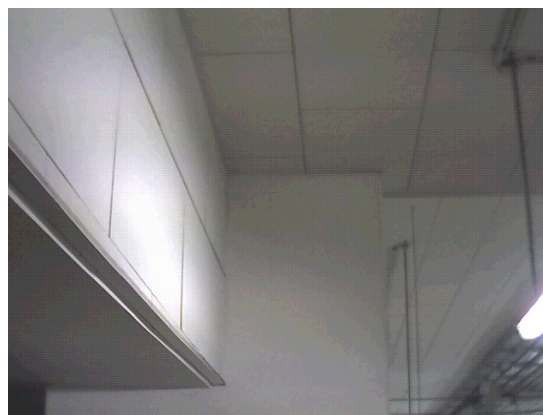
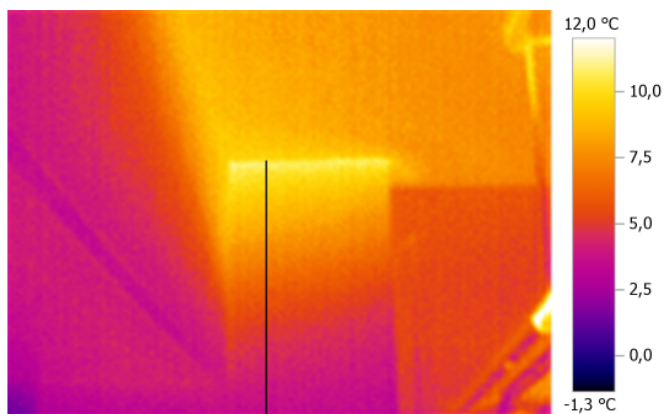
Hohe Energieverluste (Wärmespeicherkapazität) über großformatige Stützenquerschnitte.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
249.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:59:37

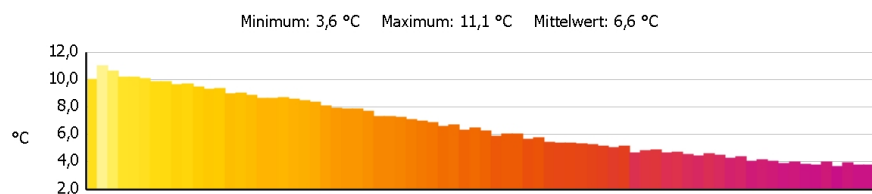


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Stützen im Parkbereich

Die Stütze ist nur im Bereich des Deckensprungs mit Wärmedämmung versehen. Innerhalb von ca. 1m kühlt sich die Stütze um ca. 6°C ab.

Fazit:

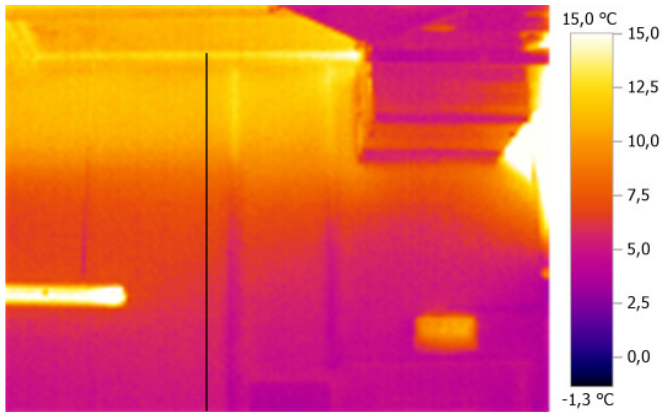
Hohe Energieverluste (Wärmespeicherkapazität) über großformatige Stützenquerschnitte.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
251.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:55:34

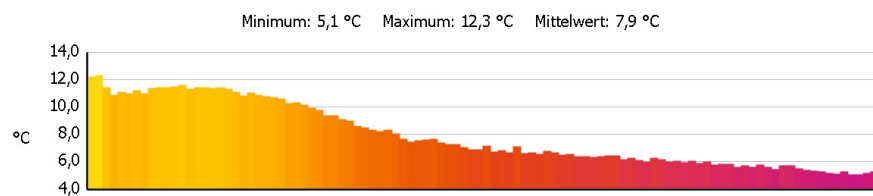


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Stützen im Parkbereich

Die Wand ist nicht gedämmt. Innerhalb des Temperaturprofils kühlt sich die Wand um ca. 6°C ab.

Fazit:

Hohe Energieverluste (Wärmespeicherkapazität) über Wandflächen.

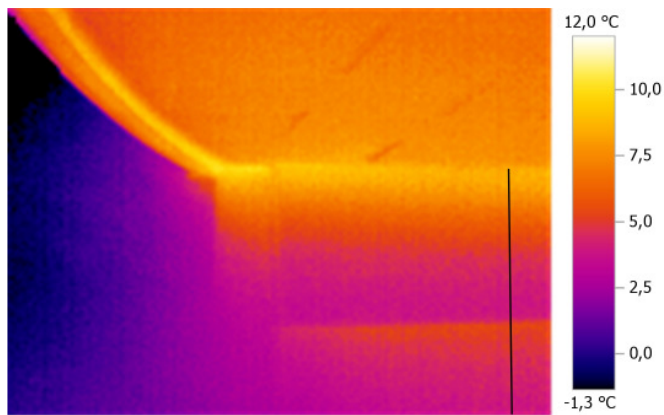


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

**Datei:**  
252.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
08:56:57

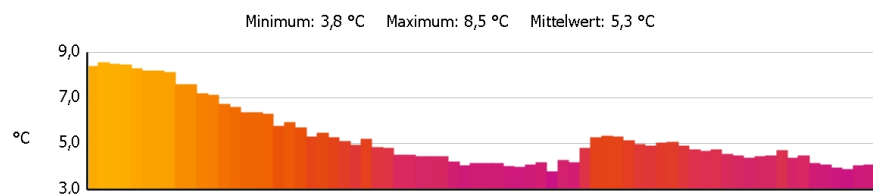


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Einfahrt Rampe

Unterhalb der Decke verläuft ein Wärmedämmstreifen von 1m Höhe. Dadurch verschieben sich die Isothermen innerhalb der Wandfläche nach unten. Unterhalb der Wärmedämmung kommt es zu einem Temperaturanstieg von ca. 1,5°C.

## REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: Z-Zwo-Gebäude

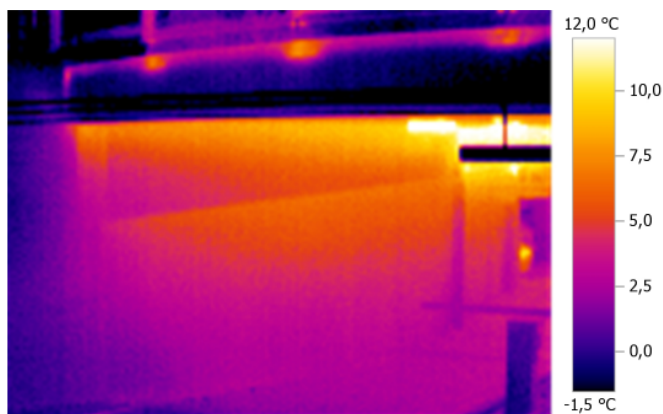
---

**Datei:**  
254.BMT

**Datum:**  
30.01.2009

**Uhrzeit:**  
09:06:16

---



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 3,2

---

**Bemerkungen:**

Meßort:

TG 1. UG, Einfahrt Rampe

wie Bild 252.

Die punktuellen Wärmebrücken oberhalb der Rampe entstehen durch Kontakt der Pfosten mit dem Abdeckblech.

---

**Fazit:**

Sowohl an Wänden als auch an Stützen in der Tiefgarage sind deutliche Energieverluste durch fehlende Wärmedämmung erkennbar.

Großformatige Betonbauteile besitzen aufgrund ihrer großen Wärmespeicherkapazität eine enorme Trägheit sich den veränderlichen Aussentemperaturen anzupassen. Dem zufolge muss viel Wärmearbeit verwendet werden um die Bauteile auf das Maß aufzuheizen, das notwendig ist um Bauschäden raumseitig zu verhindern.

Durch den Einbau von Wärmedämmungen reagiert das System schneller und die Energieverluste über Wärmeleitung wird deutlich reduziert.

---

13.03.2009 ,

\_\_\_\_\_  
Martin Baar

**Anlage 1: Wärmebrückenberechnung (Auszug)**  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

Anlage enthält **9** Seiten

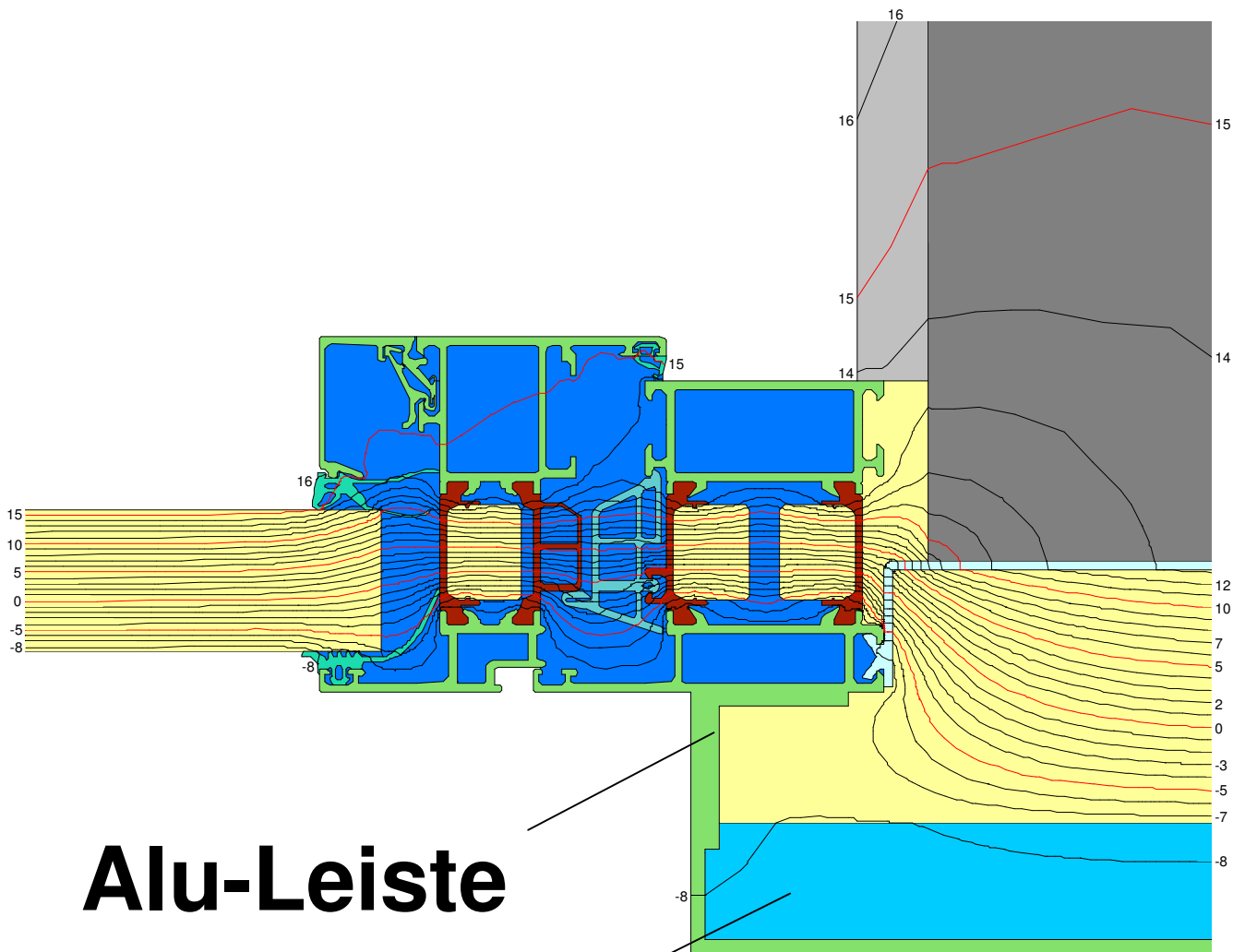


# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
21-6 Fenster - Außenwand - Laibung 1.-3. OG, Ansicht Süd-Ost/Nord-West, Stütze  
Seite 4

ZT-SFB / BPH



**Alu-Leiste**

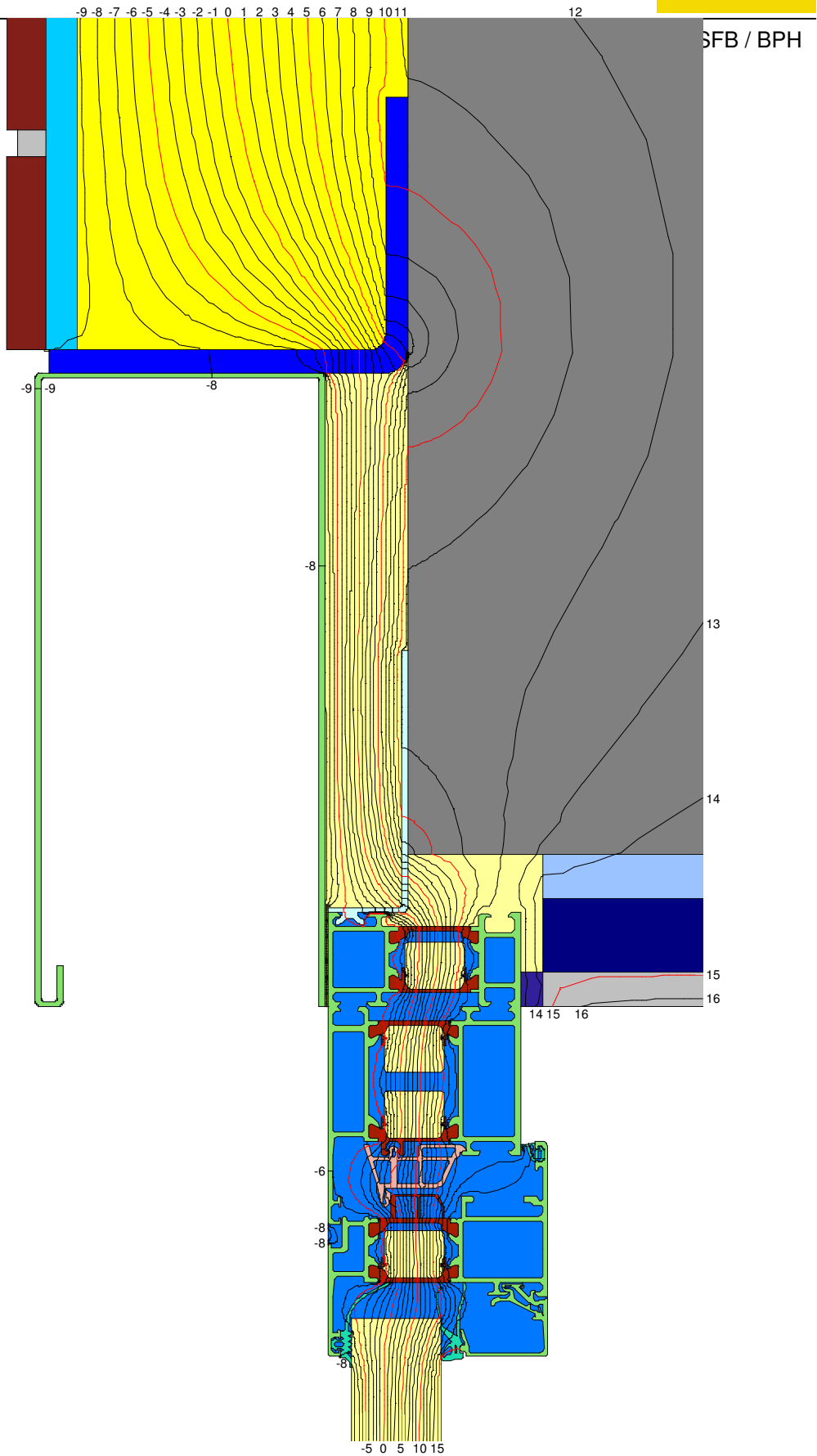
**Hohlraum**



# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
26-3 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung 1.-2. OG, Hof-/Strassenseite

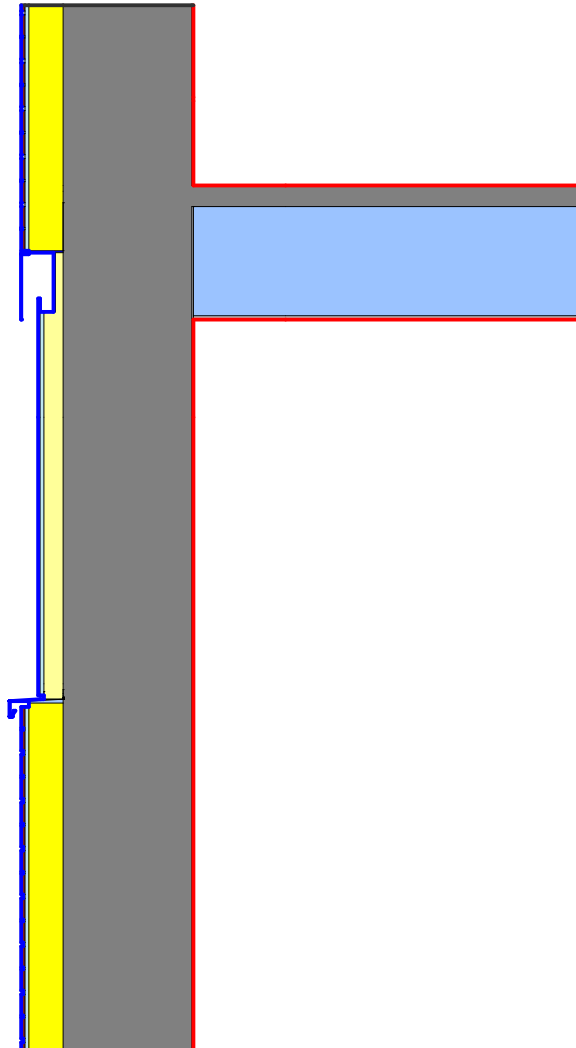
Seite 5



# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 11-1 Außenwand - Außenwand, Blechverkleidung Fensterlaibung  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH



| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] |
|---|---------------------|
| Aluminium (Si-Legierungen)                    | 160,000             |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                  | 2,300               |
| Fassadenplatte 429                            | 0,040               |
| Gipskarton                                    | 0,210               |
| Gipsputz 1300                                 | 0,570               |
| Klinker 2200                                  | 1,200               |
| Leicht belüftete Hohlräume, Eps=0.9           |                     |
| Luftschicht, ruhend, aufwärts, Dicke: 300 mm  | 1,875               |
| Luftschicht, ruhend, aufwärts, Dicke: 40 mm   | 0,250               |
| Luftschicht, ruhend, horizontal, Dicke: 10 mm | 0,0667              |
| Stahl equ. Fenster-Anschl.bügel               | 3,740               |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                |                     |
| WD 035  | 0,035               |
| Zementmörtel                                  | 1,400               |

| Name                     | $q$ [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | $R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|--------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| Aussen Standard          | -10,000                 |               | 0,040                       |
| Innen Standard           | 20,000                  |               | 0,130                       |
| Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                   |               |                             |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

**ZÜBLIN**

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 21-6 Fenster - Außenwand - Laibung 1.-3. OG, Ansicht Süd-Ost/Nord-West, Stütze  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH

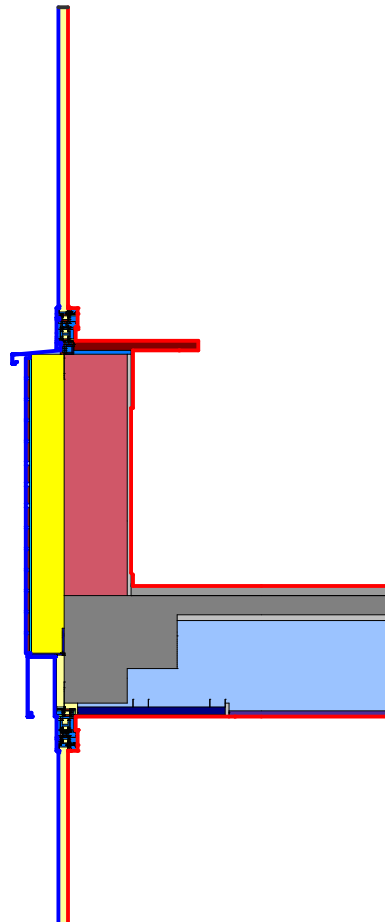


| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] | Name                     | $q$ [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | $R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|---|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------------|
| Alu - equ. Fass. UK                                     | 5,930               | Aussen Standard          | -10,000                 |               | 0,040                       |
| Aluminium (Si-Legierungen)                              | 160,000             | Innen Standard           | 20,000                  |               | 0,130                       |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                            | 2,300               | Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                   |               |                             |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)                    | 0,250               |                          |                         |               |                             |
| Gipsputz 1300   | 0,570               |                          |                         |               |                             |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 15 mm | 0,1765              |                          |                         |               |                             |
| Maske   | 0,035               |                          |                         |               |                             |
| PUR-Dämmung   | 0,024               |                          |                         |               |                             |
| Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt                | 0,300               |                          |                         |               |                             |
| Polyvinylchlorid (PVC)                                  | 0,170               |                          |                         |               |                             |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                          |                     |                          |                         |               |                             |
| WD 035  | 0,035               |                          |                         |               |                             |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 26-3 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung 1.-2. OG, Hof-/Strassenseite  
 Eingaben

ZT-SFB / BPH



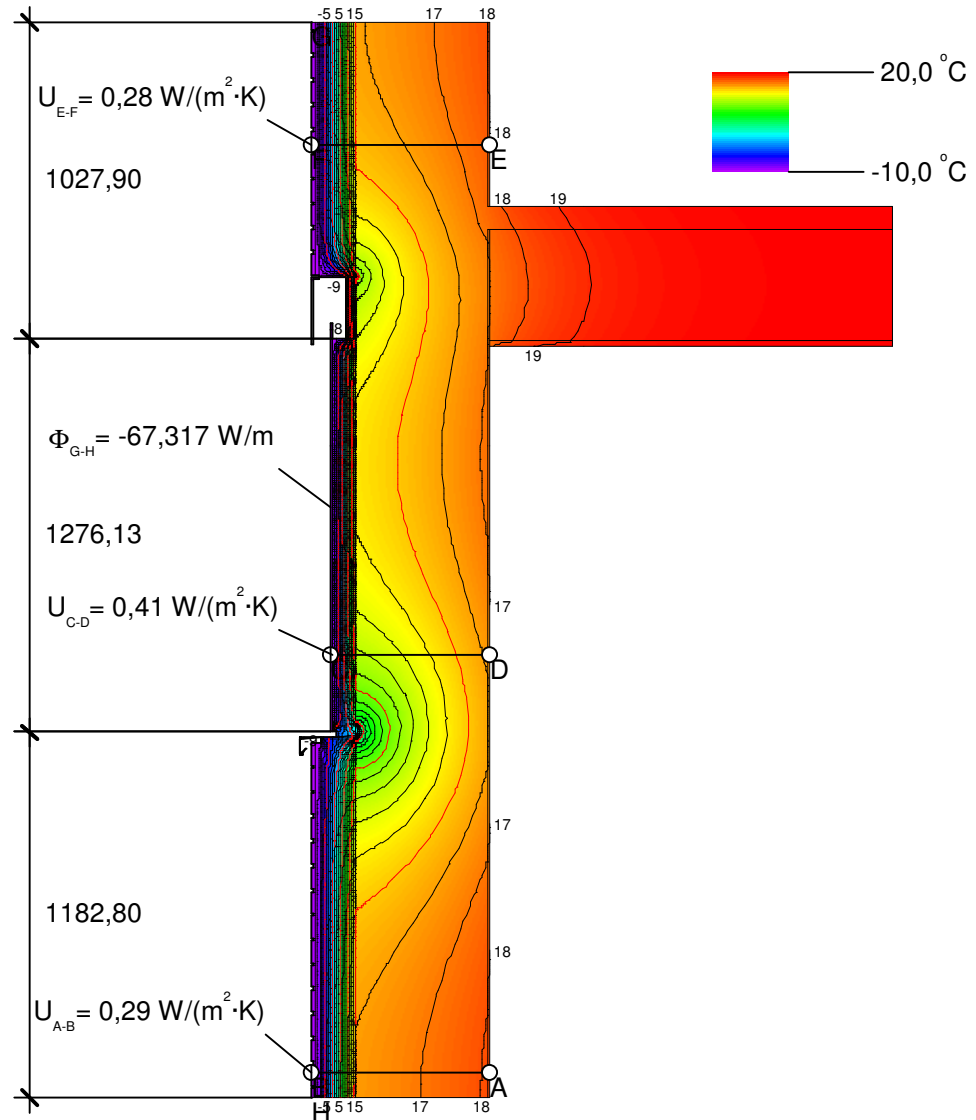
| Name  | $\lambda$ [W/(m·K)] |
|---|---------------------|
| Alu - equ. Fass. UK                                     | 5,930               |
| Aluminium (Si-Legierungen)                              | 160,000             |
| Beton armiert (mit 1% Stahl)                            | 2,300               |
| EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)                    | 0,250               |
| Fassadenplatte 429                                      | 0,040               |
| Flachpressplatten                                       | 0,130               |
| Gipskarton  | 0,210               |
| Gipsputz 1300   | 0,570               |
| Hart-Polyvinylchlorid (PVC)                             | 0,170               |
| Hochlochziegel  | 0,480               |
| Klinker 2200  | 1,200               |
| Leicht belüftete Hohlräume, Eps=0.9                     |                     |
| Luftschicht, ruhend, aufwärts, Dicke: 300 mm            | 1,875               |
| Luftschicht, schwach belüftet, horizontal, Dicke: 15 mm | 0,1765              |
| Maske   | 0,035               |
| Mineralfaser-Platten                                    | 0,045               |
| Nadelholz   | 0,130               |
| Neopren (Polychloropren, PCP)                           | 0,230               |
| PUR-Dämmung   | 0,024               |
| Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt                | 0,300               |
| Polyethylen /hoher Rohdichte                            | 0,500               |
| Rein-Silicon  | 0,350               |
| Stahl   | 50,000              |
| Stahl equ. Fenster-Anschl.bügel                         | 3,740               |
| Teppich / Teppichböden                                  | 0,060               |
| Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9                          |                     |
| Zementestrich   | 1,400               |
| Zementmörtel  | 1,400               |

| Name                     | q [W/m <sup>2</sup> ] | $\theta$ [°C] | R [(m <sup>2</sup> ·K)/W] |
|--------------------------|-----------------------|---------------|---------------------------|
| Aussen Standard          | -10,000               |               | 0,040                     |
| Innen Standard           | 20,000                |               | 0,130                     |
| Symmetrie/Bauteilschnitt | 0,000                 |               |                           |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 11-1 Außenwand - Außenwand, Blechverkleidung Fensterlaibung  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



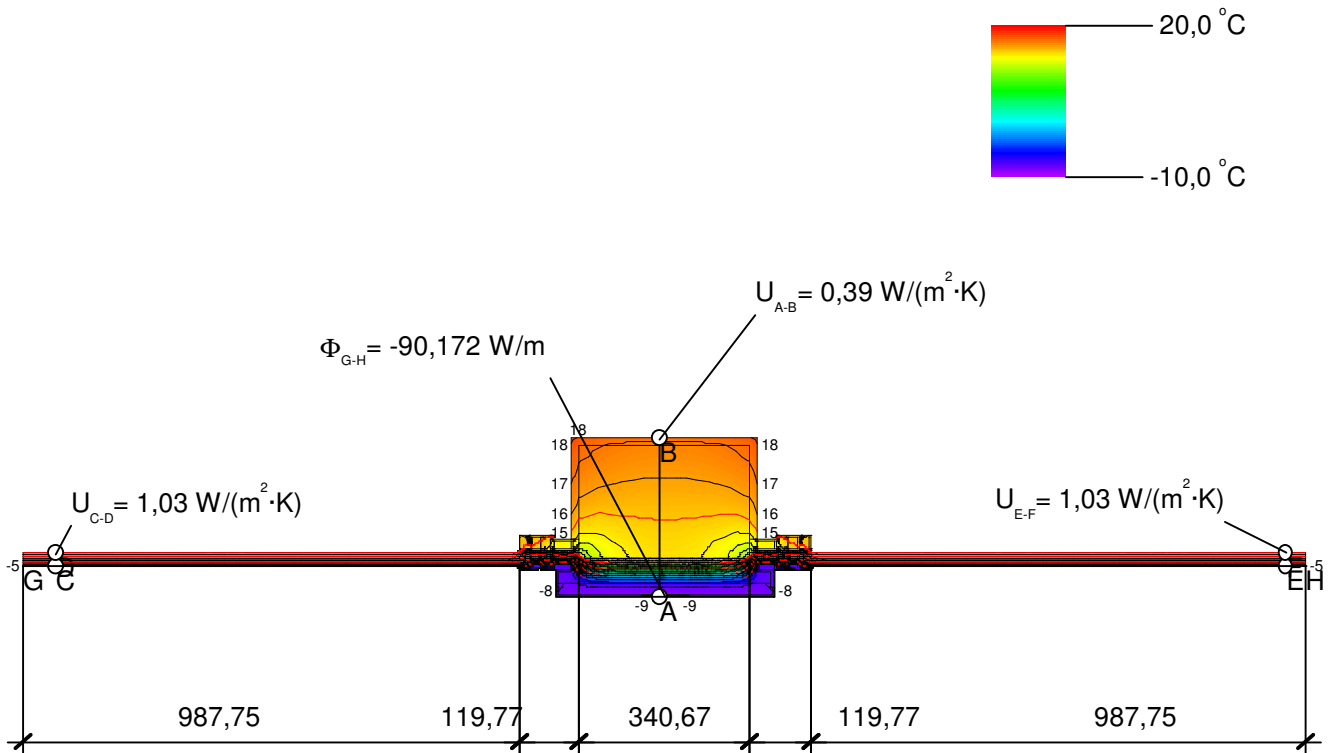
## Einbau $\Psi$ -Wert

|  |              |
|--|--------------|
| $l_{w1}$ [m]   | 1,028        |
| $U_{w1}$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]                 | 0,282        |
| $l_{w2}$ [m]   | 1,276        |
| $U_{w2}$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]                 | 0,410        |
| $l_{w3}$ [m]   | 1,183        |
| $U_{w3}$ [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]                 | 0,282        |
| $\Phi$ [ $\text{W}/\text{m}$ ]                             | -67,317      |
| $\Delta T$ [K]   | -30,000      |
| $L^{2D}$ [ $\text{W}/\text{mK}$ ]                          | 2,244        |
| <b><math>\Psi</math> [<math>\text{W}/\text{mK}</math>]</b> | <b>1,431</b> |

# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 21-6 Fenster - Außenwand - Laibung 1.-3. OG, Ansicht Süd-Ost/Nord-West, Stütze  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH



## Einbau $\Psi$ -Wert

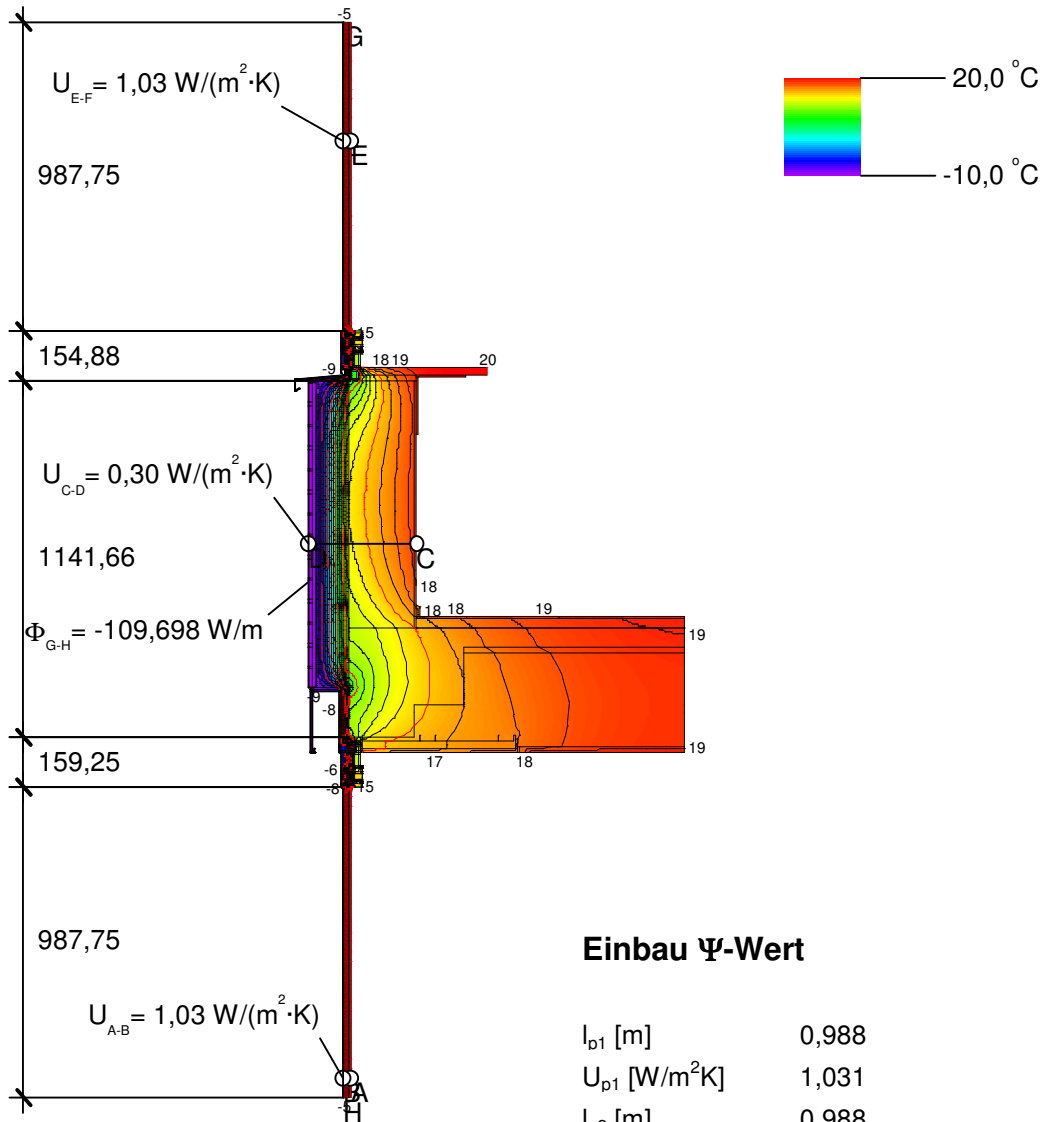
|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| $l_{p1}$ [m]                  | 0,988        |
| $U_{p1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{p2}$ [m]                  | 0,988        |
| $U_{p2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{f1}$ [m]                  | 0,120        |
| $U_{f1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,899        |
| $l_{f2}$ [m]                  | 0,120        |
| $U_{f2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,899        |
| $l_{w1}$ [m]                  | 0,341        |
| $U_{w1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,388        |
| $\Phi$ [W/m]                  | -90,172      |
| $\Delta T$ [K]                | -30,000      |
| $L^{2D}$ [W/mK]               | 3,006        |
| $\Psi$ [W/mK]                 | <b>0,382</b> |



# Wärmebrückenberechnung für das Projekt REG

Gebäude: DVA-Gebäude, Neckarstr. 121, Stuttgart  
 26-3 Außenwand - Geschossdeckeneinbindung 1.-2. OG, Hof-/Strassenseite  
 Psi(e)-Wert-Ermittlung

ZT-SFB / BPH





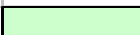
## Einbau $\Psi$ -Wert

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| $l_{p1}$ [m]                  | 0,988        |
| $U_{p1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{p2}$ [m]                  | 0,988        |
| $U_{p2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 1,031        |
| $l_{f1}$ [m]                  | 0,155        |
| $U_{f1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 2,055        |
| $l_{f2}$ [m]                  | 0,159        |
| $U_{f2}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 2,055        |
| $l_{w1}$ [m]                  | 1,142        |
| $U_{w1}$ [W/m <sup>2</sup> K] | 0,302        |
| $\Phi$ [W/m]                  | -109,698     |
| $\Delta T$ [K]                | -30,000      |
| $L^{2D}$ [W/mK]               | 3,657        |
| $\Psi$ [W/mK]                 | <b>0,630</b> |

## Anlage 2: Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen WB-Zuschlags zu Bericht: Kapitel 3.8

| Ergebnisse |             |  |                    |                |      |                  |                            |
|------------|-------------|--|--------------------|----------------|------|------------------|----------------------------|
| lfd Nr.    | Abkürzung   |  | $\Psi_e$<br>[W/mK] | Länge l<br>[m] | %    | $F_{t,W}$<br>[-] | $\Psi_e \times l$<br>[W/K] |
| 1          | AW-AW-AE    | Außenwand-Außenwand-Außenecke                                    | -2,23900           | 31,440         | 1,4% | 0,60             | -42,236                    |
| 2          | FE-AW-St    | Fenster-Außenwand-Sturz, UG Rampe Achse E/1-15, Fenster          | -0,06700           | 36,450         | 1,6% | 1,00             | -2,442                     |
| 3          | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/10-15, Stütze        | -0,00900           | 3,285          | 0,1% | 1,00             | -0,030                     |
| 4          | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., EG Str-seite, Stütze              | 0,02800            | 11,680         | 0,5% | 1,00             | 0,327                      |
| 5          | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., 1/2. OG Hof-/Str-seite, Stütze    | 0,00800            | 52,560         | 2,3% | 1,00             | 0,420                      |
| 6          | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung 4. OG, Sanitär                         | 0,13200            | 4,050          | 0,2% | 1,00             | 0,535                      |
| 7          | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/110+16-18, Stütze    | 0,06900            | 8,000          | 0,4% | 1,00             | 0,552                      |
| 8          | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., 3. OG Hofseite, Stütze            | 0,08200            | 10,585         | 0,5% | 1,00             | 0,868                      |
| 9          | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., UG, Str-seite, Fenster raumhoch   | 0,15000            | 6,750          | 0,3% | 1,00             | 1,013                      |
| 10         | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung EG, Achse E/1-15                       | 0,05200            | 36,450         | 1,6% | 1,00             | 1,895                      |
| 11         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - TH 5. OG, Achse 16/0                | 0,05900            | 34,370         | 1,5% | 1,00             | 2,028                      |
| 12         | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Aussenecke                       | 0,10300            | 21,515         | 0,9% | 1,00             | 2,216                      |
| 13         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/10-15                | 0,13600            | 17,000         | 0,7% | 1,00             | 2,312                      |
| 14         | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., EG Eingang, Rückspr., Stütze      | 0,12700            | 24,365         | 1,1% | 1,00             | 3,094                      |
| 15         | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., UG, Strassenseite                 | 0,09600            | 33,750         | 1,5% | 1,00             | 3,240                      |
| 16         | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 1. OG, Stütze                          | 0,33700            | 10,220         | 0,4% | 1,00             | 3,444                      |
| 17         | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 5. OG                                  | 0,11300            | 34,370         | 1,5% | 1,00             | 3,884                      |
| 18         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18, WDVS      | 0,13000            | 31,050         | 1,4% | 1,00             | 4,037                      |
| 19         | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung EG - 4. OG Aufzugswand                 | 0,46000            | 10,000         | 0,4% | 1,00             | 4,600                      |
| 20         | AW-IW       | Außenwand-Außenwand, Laibungs-Anschluss Glasbaustein TH          | 0,11800            | 47,080         | 2,1% | 1,00             | 5,555                      |
| 21         | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 4. OG                                  | 0,08700            | 79,885         | 3,5% | 1,00             | 6,950                      |
| 22         | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse E/1-15                       | 0,23800            | 36,450         | 1,6% | 1,00             | 8,675                      |
| 23         | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse E/1-15, Anschluss            | 1,16600            | 8,660          | 0,4% | 1,00             | 10,098                     |
| 24         | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., EG Eingang, Rückspr.,             | 0,58000            | 17,550         | 0,8% | 1,00             | 10,179                     |
| 25         | AW-AW-IE    | Außenwand-Außenwand-Innenecke                                    | 1,15500            | 15,720         | 0,7% | 0,60             | 10,894                     |
| 26         | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., 3. OG Hofseite                    | 0,32300            | 39,150         | 1,7% | 1,00             | 12,645                     |
| 27         | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung 4. OG, Büro                            | 0,13600            | 94,700         | 4,2% | 1,00             | 12,879                     |
| 28         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 1. OG, Achse E/1-15, Stütze         | 0,93500            | 17,220         | 0,8% | 1,00             | 16,101                     |
| 29         | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Stütze in Achse, S/O             | 0,51000            | 34,030         | 1,5% | 1,00             | 17,355                     |
| 30         | AW-IW       | Außenwand-Außenwand, Br.-Sturz-Anschluss Glasbaustein TH         | 0,78400            | 23,040         | 1,0% | 1,00             | 18,063                     |
| 31         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18, WDVS      | 0,20700            | 89,025         | 3,9% | 1,00             | 18,428                     |
| 32         | AW-GD       | Außenwand-Geschossdeckeneinb., EG Str-seite                      | 0,41500            | 44,550         | 2,0% | 1,00             | 18,488                     |
| 33         | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse A/0-15                       | 0,57400            | 33,750         | 1,5% | 1,00             | 19,373                     |
| 34         | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung EG Mittelstütze, S/O, 1-3. OG N/W (WC) | 0,51500            | 40,750         | 1,8% | 1,00             | 20,986                     |
| 35         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/110+16-18            | 0,39200            | 54,125         | 2,4% | 1,00             | 21,217                     |
| 36         | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 1. OG, Fenster                         | 0,57300            | 39,150         | 1,7% | 1,00             | 22,433                     |
| 37         | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 1. OG Mittelstütze, N/W                | 0,49900            | 49,545         | 2,2% | 1,00             | 24,723                     |
| 38         | KW-BP-ig-mE | Kelleraußenwand-Bodenplatte-innengedämmt-mit Erde>1m             | 0,27700            | 198,890        | 8,7% | 0,45             | 24,792                     |
| 39         | FE-AW-St    | Fenster-Außenwand-Sturz, EG Achse E/1-15                         | 0,63600            | 39,150         | 1,7% | 1,00             | 24,899                     |
| 40         | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18            | 0,51300            | 58,685         | 2,6% | 1,00             | 30,105                     |

**Anlage 2:** Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen  
WB-Zuschlags zu Bericht: Kapitel 3.8

|    |           |   |         |              |        |      |                  |
|----|-----------|---|---------|--------------|--------|------|------------------|
| 41 | AW-BA     | Außenwand-Balkon/Rampe, EG Achse E/2-15   | 0,77500 | 44,200       | 1,9%   | 1,00 | 34,255           |
| 42 | FE-AW-La  | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Mittelstütze, S/O   | 0,50100 | 71,535       | 3,1%   | 1,00 | 35,839           |
| 43 | AW-FDA-At | Außenwand-Flachdach-Attika - 1.OG, Achse E/1-15, Fenster  | 1,14600 | 39,150       | 1,7%   | 1,00 | 44,866           |
| 44 | AW-IW     | Außenwand-Außenwand, Blechverkleidung Fensterlaibung  | 1,43100 | 71,175       | 3,1%   | 1,00 | 101,851          |
| 45 | AW-GD     | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., 1/2.OG Hof-/Str-seite   | 0,63000 | 199,800      | 8,8%   | 1,00 | 125,874          |
| 46 | FE-AW-La  | Fenster-Außenwand-Laibung 1.-3. OG N/W, 2.-4. OG S/O, Mittelstütze  | 0,38200 | 368,835      | 16,2%  | 1,00 | 140,895          |
|    |           |   |         | 2.273,690    | 100,0% |      |                  |
|    |           |   |         | <b>Summe</b> | =      |      | <b>828,176</b>   |
|    |           | <b>wärmeabgebende Umfassungsfläche</b>  |         |              | =      |      | <b>6.464,000</b> |
|    |           | <b>Wärmebrückenzuschlag <math>\Delta U_{WB}</math></b>  |         |              | =      |      | <b>0,128</b>     |
|    |           | Farblegende für Zuordnung der Wärmebrücken  |         |              |        |      |                  |
|    |           |  Wärmebrücken Abschluss Dach, inkl. Attiken    |         |              |        |      |                  |
|    |           |  senkrechte Fassadenflächen außerhalb Erdreich |         |              |        |      |                  |
|    |           |  Boden- und Kellerdeckenabschluss              |         |              |        |      |                  |

Anlage 2: Rechnerische Ermittlung des gebäudespezifischen  
WB-Zuschlags zu Bericht: Kapitel 3.8

Ergebnisse - TEILOPTIMIERUNG

| lfd Nr. | Abkürzung   | [W/mK]  | Länge l<br>[m] | %       | F <sub>t,w</sub><br>[-] | Ψ <sub>e</sub> x l<br>[W/K] |         |
|---------|-------------|---|----------------|---------|-------------------------|-----------------------------|---------|
| 1       | AW-AW-AE    | Außenwand-Außenwand-Außenecke                                   | -2,23900       | 31,440  | 1,4%                    | 0,60                        | -42,236 |
| 2       | FE-AW-St    | Fenster-Außenwand-Sturz, UG Rampe Achse E/1-15, Fenster         | -0,06700       | 36,450  | 1,6%                    | 1,00                        | -2,442  |
| 3       | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/10-15, Stütze       | -0,00900       | 3,285   | 0,1%                    | 1,00                        | -0,030  |
| 4       | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., EG Str-seite, Stütze              | 0,02800        | 11,680  | 0,5%                    | 1,00                        | 0,327   |
| 5       | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., 1/2.OG Hof-/Str-seite, Stütze     | 0,00800        | 52,560  | 2,3%                    | 1,00                        | 0,420   |
| 6       | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung 4. OG, Sanitär                        | 0,13200        | 4,050   | 0,2%                    | 1,00                        | 0,535   |
| 7       | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/1-10+16-18, Stütze  | 0,06900        | 8,000   | 0,4%                    | 1,00                        | 0,552   |
| 8       | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., 3. OG Hofseite, Stütze            | 0,08200        | 10,585  | 0,5%                    | 1,00                        | 0,868   |
| 9       | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., UG, Str-seite, Fenster raumhoch   | 0,15000        | 6,750   | 0,3%                    | 1,00                        | 1,013   |
| 10      | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung EG, Achse E/1-15                      | 0,05200        | 36,450  | 1,6%                    | 1,00                        | 1,895   |
| 11      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - TH 5. OG, Achse 16/0               | 0,05900        | 34,370  | 1,5%                    | 1,00                        | 2,028   |
| 12      | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Aussenecke                      | 0,10300        | 2,1515  | 0,9%                    | 1,00                        | 2,216   |
| 13      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/10-15               | 0,13600        | 17,000  | 0,7%                    | 1,00                        | 2,312   |
| 14      | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., EG Eingang, Rückspr., Stütze      | 0,12700        | 24,365  | 1,1%                    | 1,00                        | 3,094   |
| 15      | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., UG, Strassenseite                 | 0,09600        | 33,750  | 1,5%                    | 1,00                        | 3,240   |
| 16      | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 1. OG, Stütze                         | 0,33700        | 10,220  | 0,4%                    | 1,00                        | 3,444   |
| 17      | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 5. OG                                 | 0,11300        | 34,370  | 1,5%                    | 1,00                        | 3,884   |
| 18      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18, WDVS     | 0,13000        | 31,050  | 1,4%                    | 1,00                        | 4,037   |
| 19      | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung EG - 4. OG Aufzugswand                | 0,46000        | 10,000  | 0,4%                    | 1,00                        | 4,600   |
| 20      | AW-IW       | Außenwand-Außenwand, Laibungs-Anschluss Glasbaustein TH         | 0,11800        | 47,080  | 2,1%                    | 1,00                        | 5,555   |
| 21      | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 4. OG                                 | 0,08700        | 79,885  | 3,5%                    | 1,00                        | 6,950   |
| 22      | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse E/1-15                      | 0,23800        | 36,450  | 1,6%                    | 1,00                        | 8,675   |
| 23      | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse E/1-15, Anschluss           | 1,16600        | 8,660   | 0,4%                    | 1,00                        | 10,098  |
| 24      | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., EG Eingang, Rückspr.,             | 0,58000        | 17,550  | 0,8%                    | 1,00                        | 10,179  |
| 25      | AW-AW-IE    | Außenwand-Außenwand-Innenecke                                   | 1,15500        | 15,720  | 0,7%                    | 0,60                        | 10,894  |
| 26      | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., 3. OG Hofseite                    | 0,32300        | 39,150  | 1,7%                    | 1,00                        | 12,645  |
| 27      | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung 4. OG, Büro                           | 0,13600        | 94,700  | 4,2%                    | 1,00                        | 12,879  |
| 28      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 1. OG, Achse E/1-15, Stütze        | 0,93500        | 17,220  | 0,8%                    | 1,00                        | 16,101  |
| 29      | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Stütze in Achse, S/O            | 0,51000        | 34,030  | 1,5%                    | 1,00                        | 17,355  |
| 30      | AW-IW       | Außenwand-Außenwand, Br.-Sturz-Anschluss Glasbaustein TH        | 0,78400        | 23,040  | 1,0%                    | 1,00                        | 18,063  |
| 31      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18, WDVS     | 0,20700        | 89,025  | 3,9%                    | 1,00                        | 18,428  |
| 32      | AW-GD       | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., EG Str-seite                      | 0,41500        | 44,550  | 2,0%                    | 1,00                        | 18,488  |
| 33      | FE-AW-Br    | Fenster-Außenwand-Büstung UG, Achse A/0-15                      | 0,57400        | 33,750  | 1,5%                    | 1,00                        | 19,373  |
| 34      | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung EG Mittelstütze, S/O, 1-3.OG N/W (WC) | 0,51500        | 40,750  | 1,8%                    | 1,00                        | 20,986  |
| 35      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse D/1-10+16-18          | 0,39200        | 54,125  | 2,4%                    | 1,00                        | 21,217  |
| 36      | AW-BA       | Außenwand-Balkon/Terrasse 1. OG, Fenster                        | 0,57300        | 39,150  | 1,7%                    | 1,00                        | 22,433  |
| 37      | FE-AW-La    | Fenster-Außenwand-Laibung 1. OG Mittelstütze, N/W               | 0,49900        | 49,545  | 2,2%                    | 1,00                        | 24,723  |
| 38      | KW-BP-ig-mE | Kelleraußenwand-Bodenplatte-innengedämmt-mit Erde>lm            | 0,27700        | 198,890 | 8,7%                    | 0,45                        | 24,792  |
| 39      | FE-AW-St    | Fenster-Außenwand-Sturz, EG Achse E/1-15                        | 0,63600        | 39,150  | 1,7%                    | 1,00                        | 24,899  |
| 40      | AW-FDA-At   | Außenwand-Flachdach-Attika - 4. OG, Achse A-B/(-1)-18           | 0,51300        | 58,685  | 2,6%                    | 1,00                        | 30,105  |

**Anlage 2:** Rechnerische *Ermittlung des gebäudespezifischen  
WB-Zuschlags* zu Bericht: Kapitel 3.8

|    |           |   |         |  |        |      |                  |
|----|-----------|---|---------|--|--------|------|------------------|
| 41 | AW-BA     | Außenwand-Balkon/Rampe, EG Achse E/2-15                           | 0,77500 | 44,200   | 1,9%   | 1,00 | 34,255           |
| 42 | FE-AW-La  | Fenster-Außenwand-Laibung 4. OG Mittelstütze, S/O                 | 0,50100 | 71,535   | 3,1%   | 1,00 | 35,839           |
| 43 | AW-FDA-At | Außenwand-Flachdach-Attika - 1. OG, Achse E/1-15, Fenster         | 1,14600 | 39,150   | 1,7%   | 1,00 | 44,866           |
| 44 | AW-IW     | Außenwand-Außenwand, Blechverkleidung Fensterlaibung              | 0,67300 | 71,175   | 3,1%   | 1,00 | 47,901           |
| 45 | AW-GD     | Außenwand-Geschoßdeckeneinb., 1/2. OG Hof-/Str-seite              | 0,48800 | 199,800  | 8,8%   | 1,00 | 97,502           |
| 46 | FE-AW-La  | Fenster-Außenwand-Laibung 1-3. OG N/W, 2.-4. OG S/O, Mittelstütze | 0,25700 | 368,835  | 16,2%  | 1,00 | 94,791           |
|    |           |   |         | 2.273,690  | 100,0% |      |                  |
|    |           |   |         | <b>Summe</b>   | =      |      | <b>699,750</b>   |
|    |           |   |         | <b>wärmeabgebende Umfassungsfläche</b>                 | =      |      | <b>6.464,000</b> |
|    |           |   |         | <b>Wärmebrückenzuschlag <math>\Delta U_{WB}</math></b> | =      |      | <b>0,108</b>     |
|    |           | Farblegende für Zuordnung der Wärmebrücken: Änderung              |         |  |        |      |                  |
|    |           | nach DIN 4108, Bbl. 2) optimiert                                  |         |  |        |      |                  |

**Anlage 3:** *Bericht Wärmebildkamera*  
*zu Bericht: Kapitel 3.8*

Anlage enthält **22** Seiten

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

---

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| <b>Firma</b> | Ed. Züblin AG, ZT - SFB<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Prüfer:<br>Martin Baar<br>Telefon: 0711 / 7883 - 774<br>E-Mail: martin.baar@zueblin.de |
|--------------|---|--|

---

|              |             |   |
|--------------|-------------|---|
| <b>Gerät</b> | testo 880-3 | Serien-Nr.: 1556181<br>Objektiv: Standardobjektiv 32° x 24° |
|--------------|-------------|---|

---

|                     |  |   |
|---------------------|--|---|
| <b>Auftraggeber</b> | REG - Ressourceneffiziente<br>Gebäude für die Welt von<br>Übermorgen<br>Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart | Messort:<br>DVA-Gebäude<br>Neckarstr. 121<br>70190 Stuttgart<br>Messdatum: 15.01.2009 |
|---------------------|--|---|

---

|                |  |  |
|----------------|--|--|
| <b>Auftrag</b> | Allgemeine Überprüfung von Wärmebrücken im Zuge der<br>Revitalisierungsmassnahmen<br><br>Die Prüfung wurde gemäß EN 13187 mit einer Wärmebildkamera<br>durchgeführt. |  |
|----------------|--|--|

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

---

**Beschreibung des Gebäudes:**

**Konstruktion:**

Stahlbeton-Skelettbau mit Mauerwerk-Ausfachung und WDVS-Fassadeverkleidung mit Riemchen

**Orientierung (Himmelsrichtung):**

Ost-West

**Umgebung:**

Innenstadt, dicht bebaut

---

**Witterungsbedingungen:**

| Außenlufttemperatur | min                   | max                  |
|---------------------|-----------------------|----------------------|
| 24h vor der Messung | -6,8 (07:11:23Uhr) °C | 3,5 (14:56:23Uhr) °C |
| Während der Messung | -0,2 (05:56:23Uhr) °C | 0,0 (03:11:23Uhr) °C |

| Sonneneinstrahlung  |                          |
|---------------------|--------------------------|
| 12h vor der Messung | keine Messung            |
| Während der Messung | nachts, bewölkter Himmel |

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Niederschlag   | kein Niederschlag          |
| Windgeschwindigkeit  | keine Messung              |
| Windrichtung   | keine Messung              |
| Innenlufttemperatur  | 23 °C                      |
| Lufttemperaturdifferenz zw. Innen- u. Außenseite der Umschließungsfläche | 23 °C                      |
| Luftdruckdifferenz zw. windab- und windzugewandter Seite                 | keine Messung              |
| Weitere Faktoren   | leichter Nebel; 99,9% r.L. |

---

**Abweichungen zu den vorgegebenen Prüfanforderungen:**

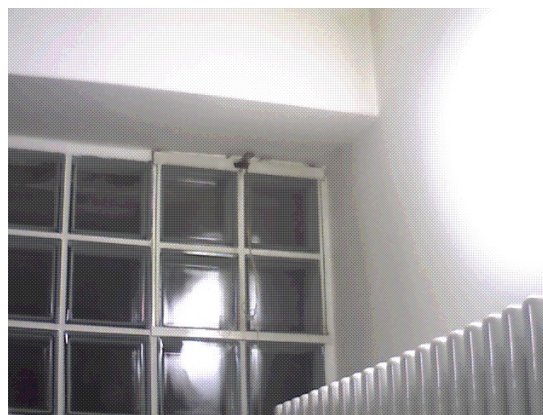
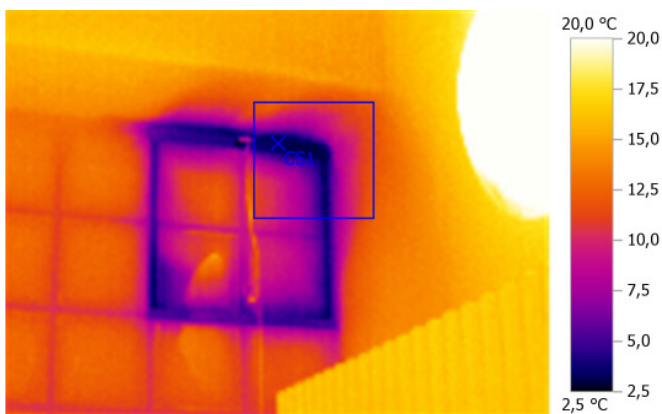


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
07.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
02:50:51



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 2,8        | 0,94   | 20,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Treppenhaus Nebeneingang EG

Das Bild zeigt einen Lüftungs-Kipp-Flügel in der Glasbausteinwand im Treppenhaus. Undichter Randverbund des Kippflügels kennzeichnen den Energie-Verlust.

Gemessene Raumluft-Werte:

- Innentemperatur = ca. 20°C
- Raumluftfeuchte = ca. 32%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 3°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 6°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

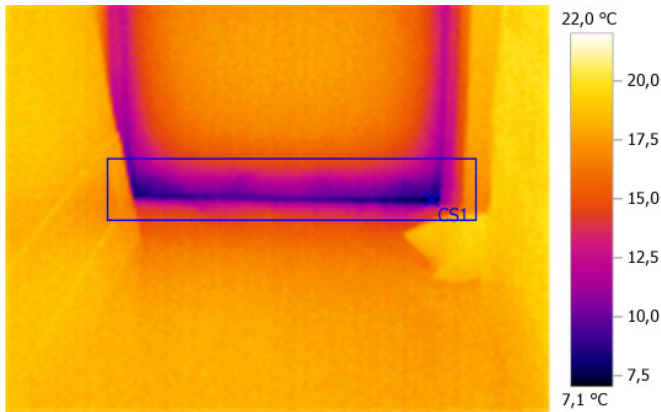
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) kann an den kalten Rändern Tauwasser ausfallen, sowie Schimmel an der Fuge zur Wand/Sturz entstehen. Zudem ergeben sich ungewollte Lüftungswärmeverluste über undichte Fugen der Klappe.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
11.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
03:00:26



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 23,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 7,1        | 0,94   | 23,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Archiv im EG, Hofseite, Aussentür zur Rampe

Die Einbausituation der Aussentüre (zur Rampe) zeigt einen erhöhten Wärmeverlust im Sockelbereich (speziell im Eckbereich). Diese ergeben sich durch Undichtigkeiten der Türe sowie reduzierter Konvektion im Bodenbereich. (Allgemeine Problematik von Aussentüren).

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 23°C
- Raumlufffeuchte = ca. 22%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 0°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 3°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

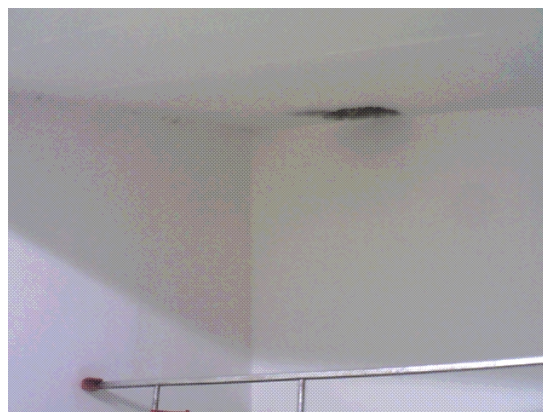
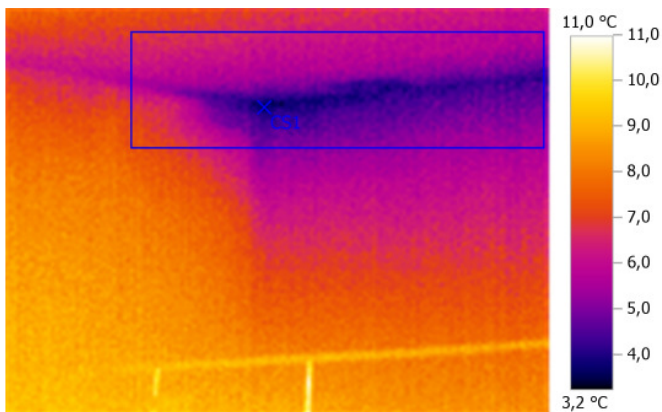
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) kann an den kalten Rändern Tauwasser ausfallen. Zudem ergeben sich ungewollte Lüftungswärmeverluste über undichte Fugen der Türe.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
28.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
03:32:19



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 15,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|-------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Kältester Punkt 1 | 3,2        | 0,94   | 15,0             | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Abstellraum im Lager U1.008 1.UG, Hof-Zufahrt

An der markierten Stelle (Kante) springt das Erdgeschoss zurück. Der Bereich der Kellerdecke grenzt gegen Erdreich/Aussenluft.

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 15°C
- Raumlufffeuchte = ca. 31%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. -2°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 1°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

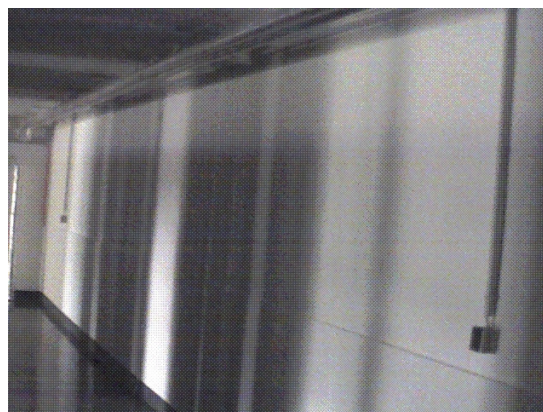
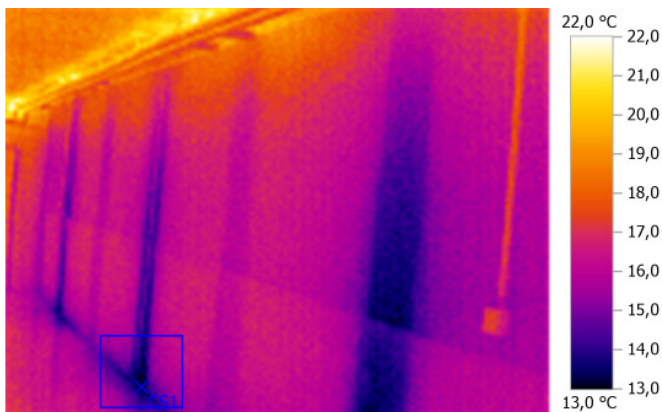
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) besteht Schimmelgefahr an der Oberfläche. Die niedrigen Oberflächentemperaturen deuten auf ungedämmte Bereiche zum Erdreich hin.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
34.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
03:49:41



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 21,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen  |
|-------------------|------------|--------|------------------|--|
| Kältester Punkt 1 | 13,0       | 0,94   | 21,0             | Kältester Punkt an Stahlbeton-Stütze (Skelett-Bau mit MW-Ausfachung) |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Lager U1.007 im 1.UG, Strassenseite

An der ungedämmten UG-Wand ist deutlich die Stahlbeton-Skelett-Bauweise zu erkennen. Die höhere Wärmeleitfähigkeit des Betons gegenüber der MW-Ausfachung zeigt den höheren Energie-Verlust infolge niedrigeren raumseitigen Oberflächentemperaturen.

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 21°C
- Raumlufteuchte = ca. 21%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. -2°C, sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 1°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

Die Luftfeuchtigkeit des Raumes wird ganzjährig geregelt. Bei den vorliegenden Raumklimaverhältnissen liegt keine Gefahr durch Schimmelbildung vor, da die Raumlufteuchte weit unterhalb den Angaben nach DIN 4108 von max. 50% liegen.

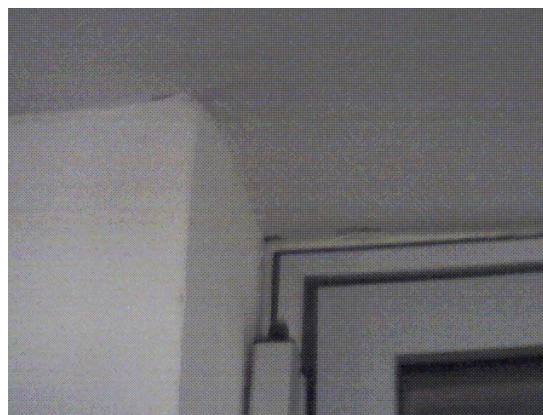
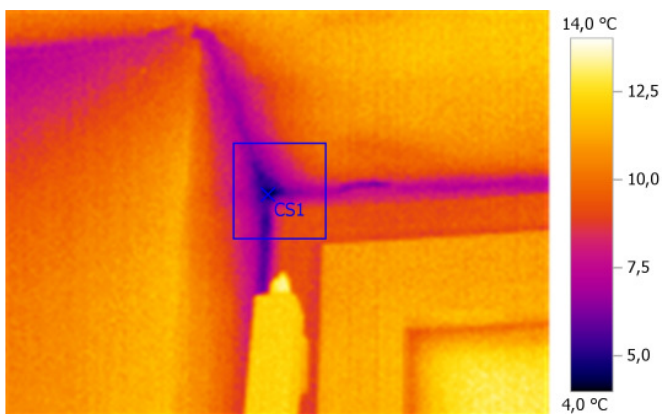


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
37.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
03:46:07



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 21,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen   |
|-------------------|------------|--------|------------------|---|
| Kältester Punkt 1 | 4,1        | 0,94   | 21,0             | Kältester Punkt im Ixel Fensterrahmen / Leibung-Sturz |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Lager U1.007 im 1.UG, Hofseite

Das Bild zeigt eine Einbausituation des Fensters bei ungedämmter Aussenwand (UG-Wand, unterhalb Anlieferungsrampe).

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 21°C
- Raumlufffeuchte = ca. 21%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. -2°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 1°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

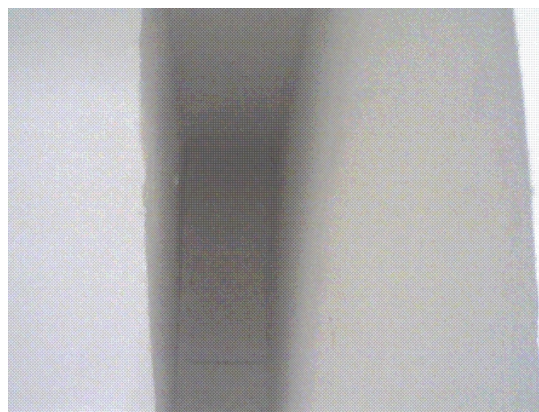
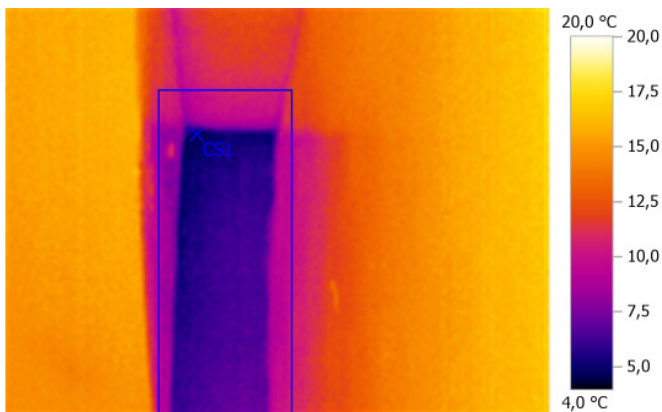
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) besteht Schimmelgefahr in der markierten Ecke im Bild.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
38.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
03:55:23



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen   |
|-------------------|------------|--------|------------------|---|
| Kältester Punkt 1 | 4,4        | 0,94   | 20,0             | Kältester Punkt im Zwischenraum Treppenlauf / Innenwand |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Treppenhaus 1.UG, Zwischenraum Treppenlauf/Innenwand, Hofseite

Das Bild zeigt den Zwischenraum linksseitig begrenzt durch den Treppenlauf, rechtsseitig durch eine Keller-Innenwand.

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 20°C
- Raumlufffeuchte = ca. 32%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 3°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 6°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

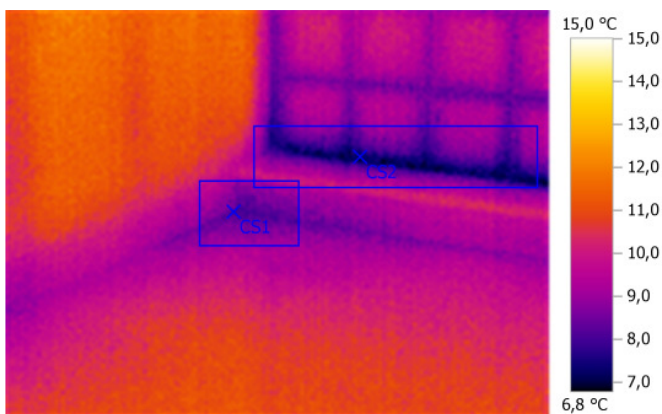
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) besteht Schimmelgefahr in der markierten Ecke im Bild.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
41.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
04:12:57



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 20,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen                                     |
|-------------------|------------|--------|------------------|---|
| Kältester Punkt 1 | 7,9        | 0,94   | 20,0             | Kältester Punkt im Ixel Boden / Brüstung        |
| Kältester Punkt 2 | 6,8        | 0,94   | 20,0             | Kältester Punkt im Ixel Brüstung / Glasbaustein |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Zwischenpodest Treppenhaus EG, Hof-Zufahrt

Der Bereich des Treppenhauses grenzt an allen drei Seiten gegen Aussenluft (Boden / Wände gegen Aussenluft). Deutlich zu erkennen sind die Energie-Verluste an Aussenecke / Aussenkante, sowie der Anschlussfuge der Glasbausteine.

Gemessene Raumluf-Werte:

- Innentemperatur = ca. 20°C
- Raumlufffeuchte = ca. 32%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 3°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 6°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

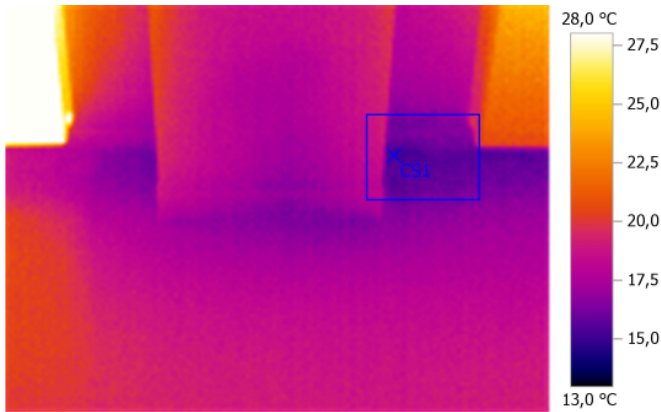
Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) besteht Schimmelgefahr in der Anschlussfuge der Glasbausteine.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
46.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
04:22:22



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 22,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen                        |
|-------------------|------------|--------|------------------|------------------------------------|
| Kältester Punkt 1 | 15,0       | 0,94   | 22,0             | Kältester Punkt im Ixel Wand/Boden |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Besprechungsraum 01.110 im 1.OG, Strassenseite.

Das Bild zeigt den Übergang Stütze/Boden, sowie die Abkühlung der Eckbereiche in den Heizkörpernischen durch reduzierte Konvektion.

Gemessene Raumluft-Werte:

- Innentemperatur = ca. 23°C
- Raumluftfeuchte = ca. 22%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 0°C,  
sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 3°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur T=-10°C) besteht keine Schimmelgefahr an dem betrachteten Bauteil.

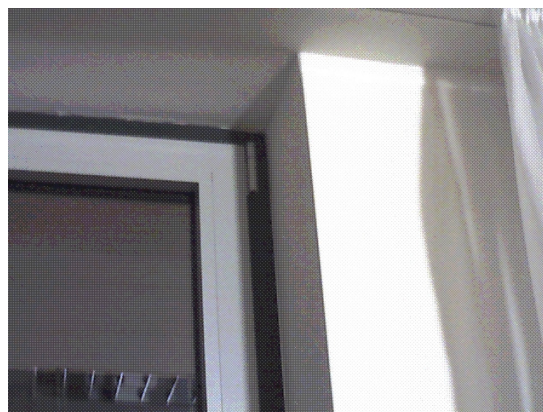
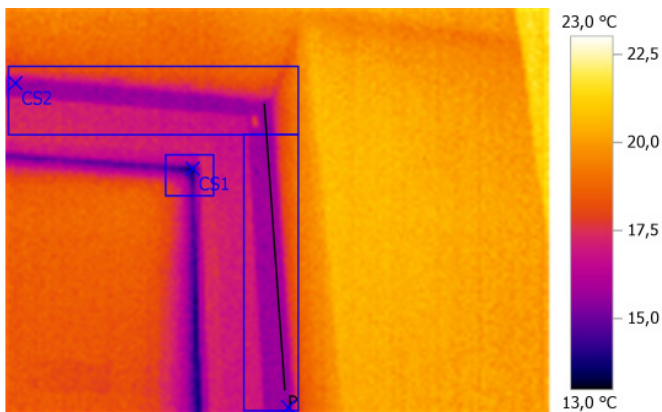


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
48.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
04:27:43

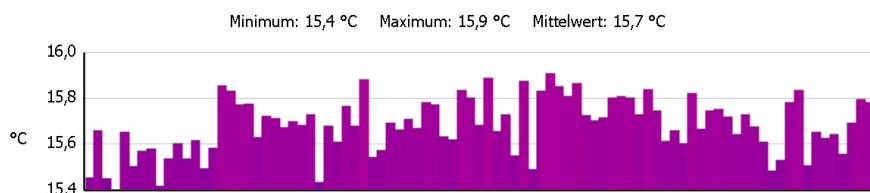


**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 22,8

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen   |
|-------------------|------------|--------|------------------|---|
| Kältester Punkt 1 | 13,5       | 0,94   | 22,8             | Kältester Punkt in der Glasrand-Ecke liegt oberhalb der Taupunkt-Temperatur |
| Kältester Punkt 2 | 15,2       | 0,94   | 22,8             | Kältester Punkt Anschluss Fensterrahmen / Sturz                             |
| Kältester Punkt 3 | 15,2       | 0,94   | 22,8             | Kältester Punkt Anschluss Fensterrahmen / Leibung                           |

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Standard-Büro im 1.OG, Hofseite

Gemessene Raumluft-Werte:  
 - Innentemperatur = ca. 23°C  
 - Raumluftfeuchte = ca. 22%

Daraus ergibt sich eine Taupunkttemperatur von ca. 0°C,  
 sowie eine Temperatur für Schimmelproblematik von ca. 3°C.

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches

## REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

---

Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

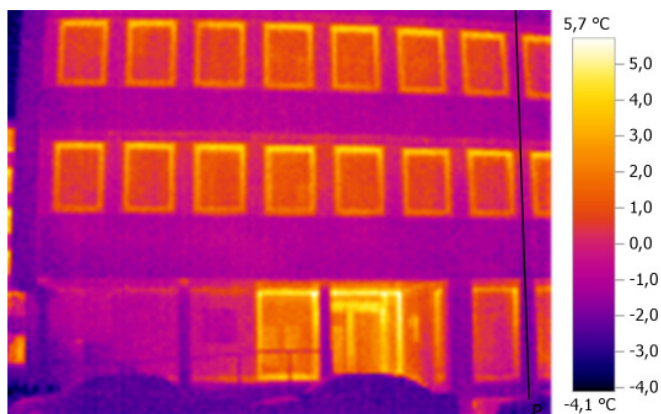
Die Einbausituation des Fensterrahmens lässt keine aussergewöhnlich unregelmässigen Temperaturbereiche erkennen (siehe Temperaturprofil), was auf unsachgemäßen Einbau schließen lässt. Jedoch kann der Wärmeverlust des Fensterrahmens im Anschluss zur Massivwand/Sturz durch eine Überlappung des aussenliegenden WDVS von mind. 3cm (siehe DIN 4108, Beiblatt 2) reduziert werden. Unter Norm-Randbedingungen (Aussentemperatur  $T=-10^{\circ}\text{C}$ ) besteht keine Schimmelgefahr an dem betrachteten Bauteil.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
59.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
04:57:02

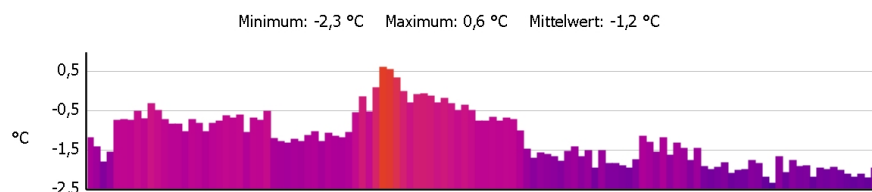


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Neckarstr. Haupteingang

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

Auffällig sind die Wärme-Verluste oberhalb den Fenstern bedingt durch den Einbau von Rolladenkästen (siehe Temperaturprofil).

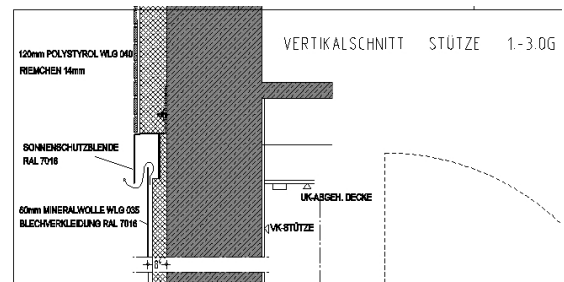
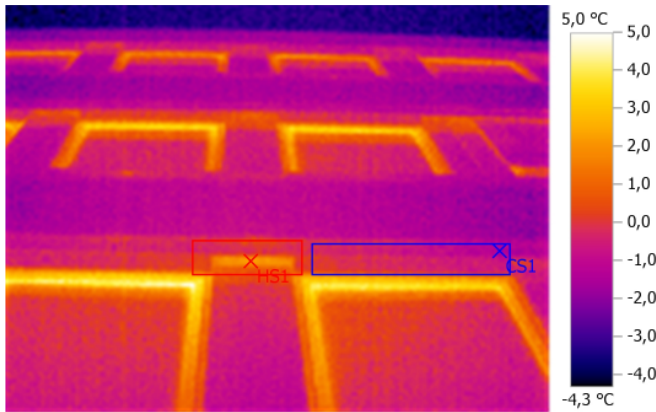
Die Brüstungs- und sonstigen Fassadenbereiche lassen keine besonderen Wärmebrücken erkennen.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
68.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:05:50



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen  |
|-------------------|------------|--------|------------------|--|
| Kältester Punkt 1 | -1,6       | 0,94   | 0,0              | Kältester Punkt Rolladenkasten oberhalb Fenster          |
| Wärmster Punkt 1  | 2,3        | 0,94   | 0,0              | Wärmster Punkt zwischen Rolladenkästen im Stützenbereich |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Neckarstr., 1. bis 3.OG

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

**Fazit:**

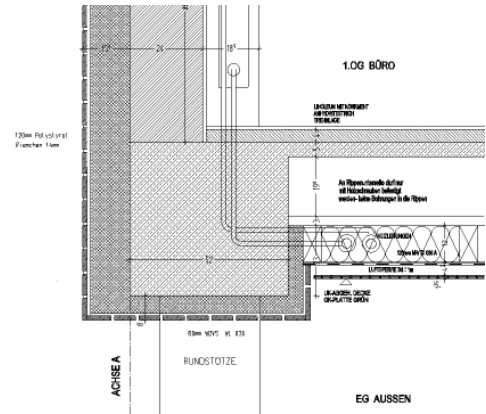
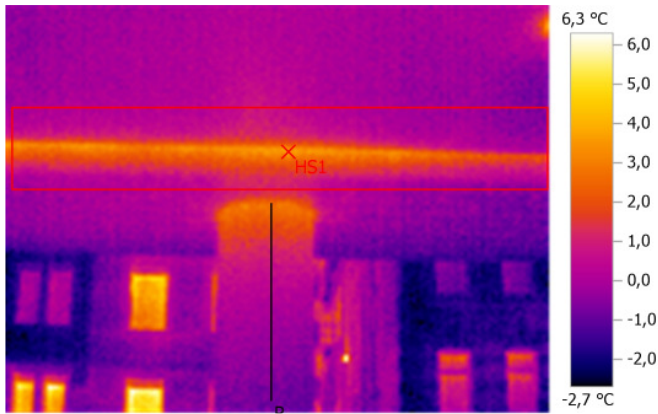
Die höheren Energie-Verluste im Stützenbereich auf Höhe der Rolladen-Kästen ergeben sich durch die Reduzierung der Wärmedämmung (siehe Planausschnitt).

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
69.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:14:20

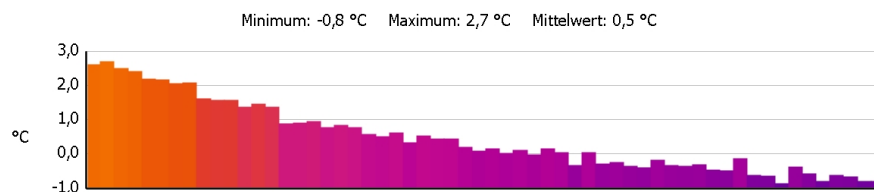


**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte      | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Wärmster Punkt 1 | 3,9        | 0,94   | 0,0              | -           |

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Neckarstr., EG Haupteingang

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

**Fazit:**

Auffällig sind die Wärme-Verluste am ungedämmten Stützenkopf und in der Innenkante von abgehängter Decke zu Klinker-Fassade aufgrund des geometrischen Wärmebrücken-Einflusses und der Dämmstärken-Veränderung. Anhand des Temperaturprofils erkennt man das Abklingverhalten der Stütze durch die hohe Wärmespeicherkapazität.

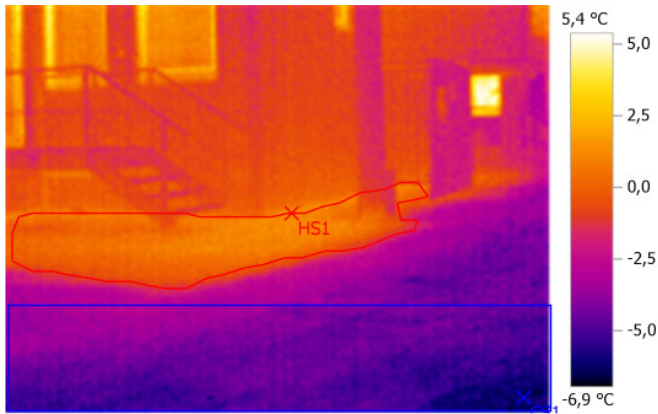


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
76.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:23:32



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte       | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen   |
|-------------------|------------|--------|------------------|---|
| Kältester Punkt 1 | -6,7       | 0,94   | 0,0              | Wärmster Punkt über dem unterkellerten Bereich            |
| Wärmster Punkt 1  | 1,6        | 0,94   | 0,0              | Kältester Punkt über der nicht unterkellerten Hofeinfahrt |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Einfahrt Innenhof, Schrankenanlage

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

**Fazit:**

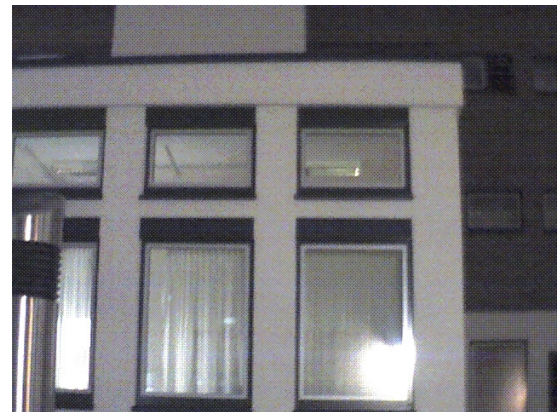
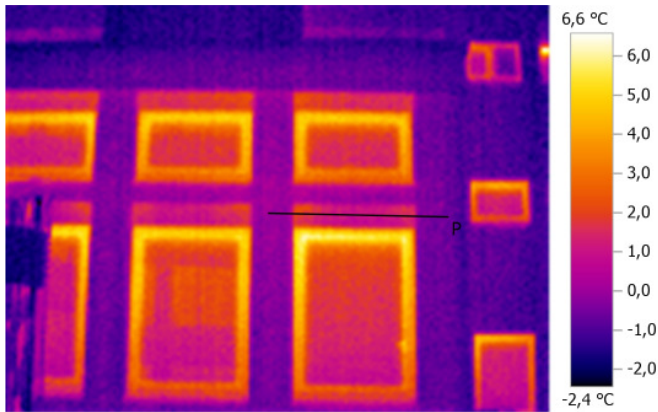
Auffällig sind die Wärme-Verluste des unterkellerten, nicht überbauten Bereichs. Der Temperatur-Unterschied aufgrund (fehlender Wärmedämmung) zwischen unterkellertem, nicht überbautem Bereich und nicht unterkellert Hofeinfahrt beträgt ca. 8°C, was einem großen Energie-Verlust (Wärmeleistung im UG) zufolge hat.

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
81.BMT

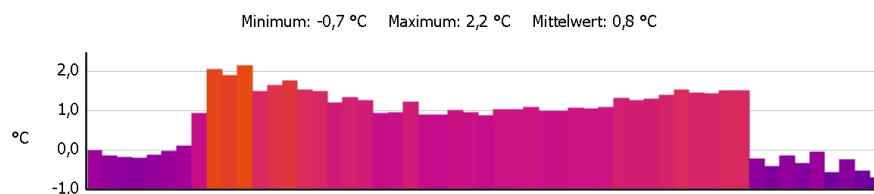
**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:19:31



**Bildparameter:**  
**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Innenhof, Poststelle EG

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

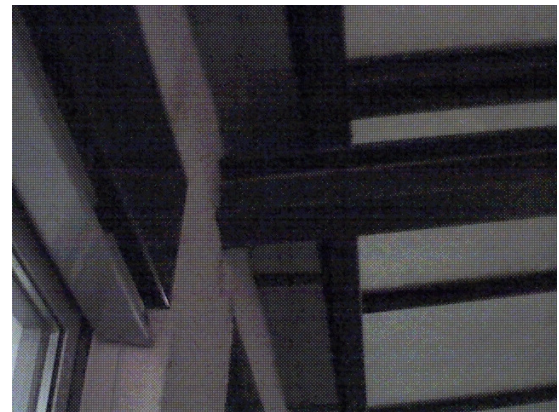
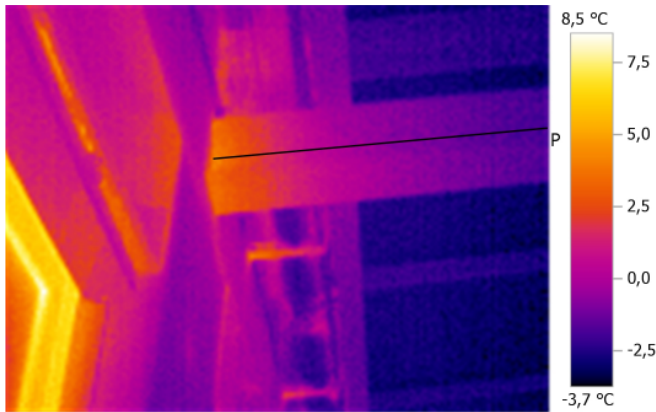
Auffällig sind die Wärme-Verluste der Rolladenkästen (im Vergleich zu den Rolladenkästen in der Ansicht Neckarstr.)

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
87.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:30:58

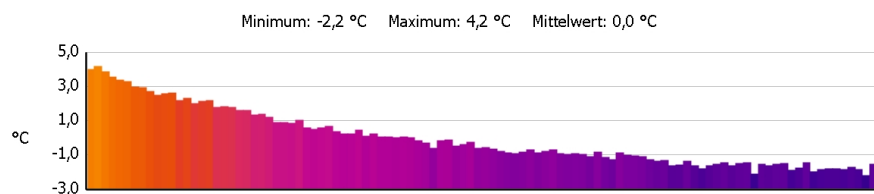


**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94

**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Innenhof, Vordach über Anlieferungs-Rampe

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

Auffällig sind die Wärme-Verluste des nicht thermisch getrennten Stahlträgers. Das Temperaturprofil zeigt das Abklingverhalten des Stahlträgers.

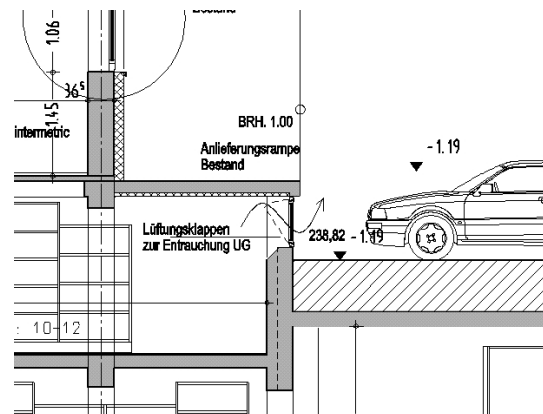
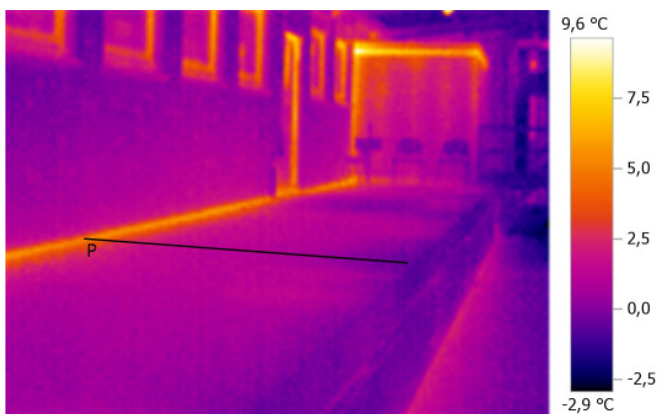


# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
88.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

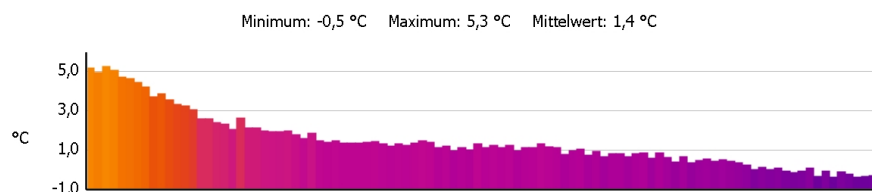
**Uhrzeit:**  
05:25:29



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Innenhof, Anlieferungs-Rampe

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

**Fazit:**

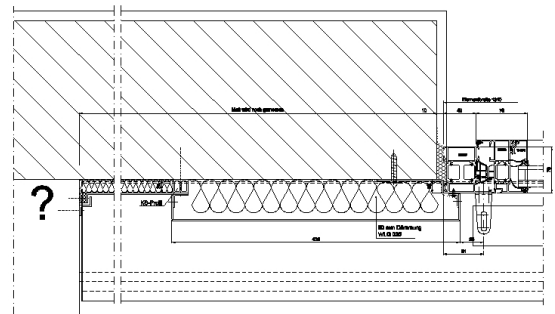
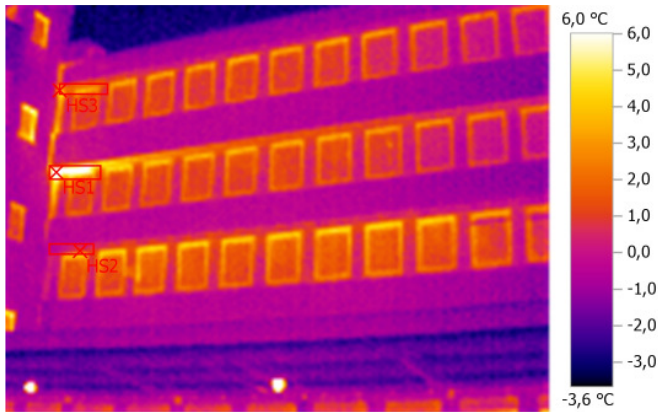
Auffällig sind die Wärme-Verluste der innenseitig (unterseitig) gedämmten Rampe, sowie der Kante Rampe/Aussenwand bedingt durch Wechsel der Wärmedämmlage (Aussenwand aussenseitig, Rampe innenseitig).

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
90.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

**Uhrzeit:**  
05:26:57



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Bildmarkierungen:**

| Messobjekte      | Temp. [°C] | Emiss. | Refl. Temp. [°C] | Bemerkungen |
|------------------|------------|--------|------------------|-------------|
| Wärmster Punkt 1 | 8,9        | 0,94   | 0,0              | -           |
| Wärmster Punkt 2 | 1,1        | 0,94   | 0,0              | -           |
| Wärmster Punkt 3 | 4,0        | 0,94   | 0,0              | -           |

**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Innenhof, aufgehende Geschosse oberhalb Anlieferungs-Rampe

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

**Fazit:**

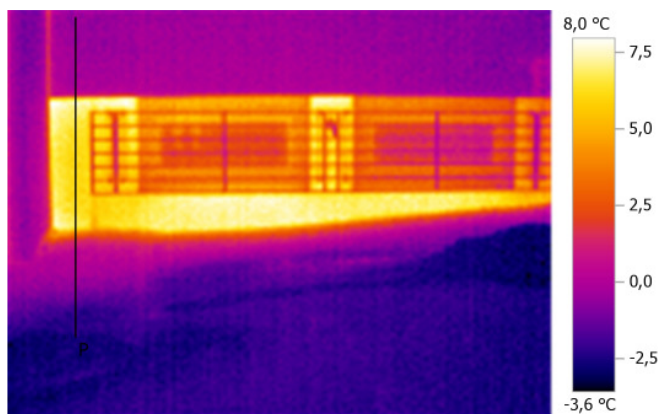
Auffällig sind die Wärme-Verluste im 3. und 4. OG, Anschluss zum Nachbargebäude, gegenüber dem 2. OG. Trotz gleicher planmässigen Konstruktion (siehe Planausschnitt, Reduzierung der Dämmstärke im Anschlussbereich) ergeben sich deutlich höhere Wärmeverluste. Die Ursache hierfür kann nur durch eine genauere Untersuchung herausgefunden werden (z.B. thermischer Kurzschluss durch unsachgemäße Verblechung, fehlende Wärmedämmung, Undichtigkeiten.....)

# REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

**Datei:**  
92.BMT

**Datum:**  
15.01.2009

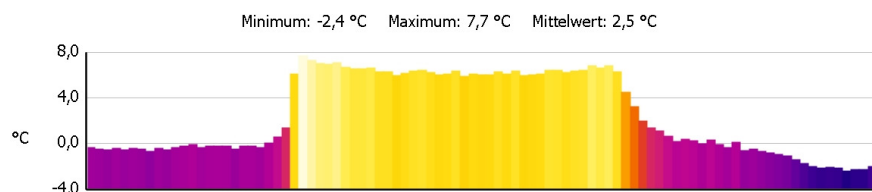
**Uhrzeit:**  
05:35:51



**Bildparameter:**

**Emissionsgrad:** 0,94  
**Refl. Temp. [°C]:** 0,0

**Profillinie:**



**Bemerkungen:**

Meßort:

Ansicht Innenhof, seitlich der Anlieferungs-Rampe

(Temperaturen sind durch Messtoleranz der Kamera von +/- 2K und Abstrahlungswinkel (Lambert'sches Gesetz) nicht exakt ermittelt)

Fazit:

Auffällig sind die Wärme-Verluste der ungedämmten Kellerwand. Das Temperaturprofil zeigt die erhöhten Energie-Verluste im Vergleich zur gedämmten Aussenwand des Erdgeschosses (WDVS)

**Fazit:**

Ziel dieser Untersuchung ist, ungewollte/unplanmässige Energie-Verluste (und den damit verbundenen möglichen Bauschäden) mit Hilfe einer Wärmebildkamera aufzuzeigen.

Aufgrund der fehlenden Kamera-Eichung sind die Temperaturen, die in den jeweiligen Thermografien angegeben sind nicht exakt.

Die allgemeine Messtoleranz der verwendeten Kamera liegt bei +/- 2 Kelvin.

Insofern können die Ergebnisse der Thermogramme nur qualitativ bewertet werden.

Zum Zeitpunkt der Messung herrschten keine Norm-Randbedingungen. Die Aussentemperatur war deutlich

## REG - Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen, Projekt: DVA-Gebäude

---

über der Norm-Aussentemperatur, was zur Folge hat, dass die Oberflächentemperaturen der fotografierten Wärmebrücken noch niedrigere Werte annehmen und die Gefahr von Bauschäden vergrößern.

Zwei Tage vor der Messung gab es einen deutlichen Temperaturanstieg der Aussentemperatur. Das Gebäude (Boden) war noch von der längeren Kälteperiode ausgekühlt. Damit erklären sich tiefere Temperaturen an Oberflächen im Vergleich zur Aussentemperatur.

Die ermittelte Raum-Luftfeuchtigkeit während der Untersuchung liegt ca. zwischen 20% - 30% (2. UG bis 2. EG). Tauwasserausfall (Schimmelgefahr) an Bauteilen ist - neben der Oberflächen-Temperatur - auch von der Raum-Luftfeuchtigkeit abhängig.

Die gemessene Raum-Luftfeuchte liegt weit unterhalb der Luftfeuchtigkeit nach Norm-Klima von 50%.

Welche Wärmebrücken kritisch in Bezug auf Bauschäden zu sehen sind, ist im Bericht erwähnt.

---

16.01.2009 ,

\_\_\_\_\_  
Martin Baar

**Anlage 1: Züblinhaus –Schallschutzmessungen (EGS-Plan)**

*zu Bericht: Kapitel 3.9*

Anlage enthält **21** Seiten

## RAUM- UND BAUAKUSTIK IM RAHMEN VON REG

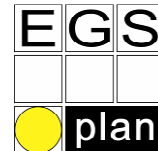


im Auftrag der  
Firma Ed. Züblin AG

Stand:  
02.03.2009

Projekt-Nr.: E08337  
Projekt-Name: REG - Ed. Züblin AG

---



**Auftraggeber:**

**Ed. Züblin AG  
Direktion Zentrale Technik**

Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

**Auftragnehmer:**

**EGS-plan Ingenieurgesellschaft für  
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH**

Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

Fon (07 11) 9 90 07 –5  
Fax (07 11) 9 90 07 – 99

Internet: [www.egs-plan.de](http://www.egs-plan.de)  
e-mail: [info@egs-plan.de](mailto:info@egs-plan.de)

**Bearbeitung:**

Dipl.-Ing.(FH) Andreas W. Hüttinger  
Dipl.-Ing.(FH) Tabea Reymann



## INHALTSVERZEICHNIS

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1    | AUFGABENSTELLUNG .....                                | 4  |
| 2    | BEARBEITUNGSGRUNDLAGE .....                           | 7  |
| 3    | DURCHFÜHRUNG DER MESSUNGEN .....                      | 7  |
| 3.1  | Messtermine .....                                     | 7  |
| 3.2  | Messgeräte .....                                      | 7  |
| 4    | MESSERGEBNISSE .....                                  | 8  |
| 4.1  | Gebäude A, Raum A358, Mehrpersonenbüro .....          | 8  |
| 4.2  | Gebäude B, Raum B213, 2-Personen-Büro .....           | 9  |
| 4.3  | Gebäude B, Raum B214, 2-Personen-Büro .....           | 10 |
| 4.4  | Gebäude Z-zwo, Raum N046a, Mehrpersonenbüro .....     | 11 |
| 4.5  | Gebäude Z-zwo, Raum N411, Mehrpersonenbüro .....      | 13 |
| 4.6  | Gebäude Z-zwo, Raum S416, 2-Personen-Büro .....       | 15 |
| 4.7  | Gebäude Z-zwo, Raum S155, 2-Personen-Büro .....       | 16 |
| 4.8  | Gebäude Z-zwo, Raum S118, Besprechung - Flur .....    | 17 |
| 4.9  | Gebäude DVA, Raum 218, Einzelbüro .....               | 18 |
| 4.10 | Gebäude DVA, Raum 206, 2-Personen-Arbeitsbereich..... | 19 |
| 5    | BEURTEILUNG .....                                     | 20 |
| 6    | ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSS.....                      | 21 |

Anlage 1-10



## 1 Aufgabenstellung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen (REG)“ wird an vier ausgewählten Verwaltungsgebäuden eine Untersuchung hinsichtlich ihres Nutzer-Komforts durchgeführt.

In Stuttgart-Möhringen steht die Hauptverwaltung Stuttgart der Züblin AG. Das Gelände umfasst 3 Gebäude: Gebäude A, Gebäude B und Gebäude Z-zwo. In den Gebäuden sind überwiegend Einzelpersonen-, Mehrpersonen- und Großraumbüros angeordnet.



**Bild 1. Züblin Hauptverwaltung Stuttgart**



**Bild 2. Züblin Z-Zwo Bürogebäude**

In Stuttgart-Mitte hat die Züblin AG das DVA Gebäude errichtet, das derzeit vom Registergericht genutzt wird. Dort sind ebenfalls überwiegend Büroräume angeordnet.



**Bild 3. DVA Gebäude (heutiges Registergericht)**

In diesen Gebäuden soll durch stichprobenartige Messungen die raumakustische Qualität der Büroräume beurteilt werden. Dazu wurden die Nachhallzeiten und der Innenpegel bei verschiedenen Raumsituationen gemessen.

In folgenden Räumen wurden Messungen durchgeführt:

**Gebäude A**

- Raum A358, Mehrpersonenbüro

**Gebäude B**

- Raum B213, 2-Personen-Büro
- Raum B214, 2-Personen-Büro

**Gebäude Z-zwo**

- Raum N046a, Mehrpersonenbüro
- Raum N411, Mehrpersonenbüro
- Raum S416, 2-Personen-Büro
- Raum S155, 2-Personen-Büro
- Raum S118, Besprechung –Flur

**Gebäude DVA**

- Raum 218, Einzelpersonenbüro
- Raum 206, offener Bürobereich, 2 Arbeitsplätze

## 2 Bearbeitungsgrundlage

Folgende Unterlagen werden zur Bearbeitung herangezogen:

- DIN EN ISO 3382 „Messung der Nachhallzeit von Räumen mit Hinweis auf andere akustische Parameter“
- DIN 18041:2004-05 „Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen“
- DIN 4109:1989-11: „Schallschutz im Hochbau“
- DIN EN ISO 140-7:1998-03: „Messung der Trittschalldämmung von Decken in gebäuden“
- VDI 2719:1987-08 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“
- VDI 3760:1996-02: „Berechnung und Messung der Schallausbreitung in Arbeitsräumen“

## 3 Durchführung der Messungen

### 3.1 Messtermine

Am 17.11.2008 wurden raumakustische und bauakustische Messungen in den Gebäuden A, B und Z-zwo in Stuttgart-Möhringen durchgeführt.

Am 08.01.2009 wurden raumakustische Messungen in den Gebäuden DVA in Stuttgart-Mitte durchgeführt.

### 3.2 Messgeräte

Für die Messungen wurden nachfolgend aufgeführte Geräte verwendet:

- Verstärker, Brüel & Kjaer, Amplifier, Typ 2716
- Lautsprecher, OmniPower, Typ 4296, Ser.-Nr. 2372677
- Schallpegelmesser, Brüel & Kjaer, Investigator, Typ 2260, Ser.-Nr. 2370559
- Acoustic Calibrator, Typ 4231, Ser.-Nr. 2385144
- Mikrophon, Typ 4189, Ser.-Nr. 2523628
- Mikrophon, Typ 4189, Ser.-Nr. 2370840
- Normhammerwerk, Typ 277, Ser.-Nr. 2775562

## 4 Messergebnisse

### 4.1 Gebäude A, Raum A358, Mehrpersonenbüro

#### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,74 | 0,47 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,45 |

#### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 3 fast vollständig im empfohlenen Bereich. Die leichte Überschreitung im tieffrequenten Bereich kann für die Büronutzung vernachlässigt werden.

#### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 29                      | 49                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 38                      | 44                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 30                      | 47                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | -                       | -                       |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | 32                      | 50                      |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

#### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Da die Maximalpegel bei geschlossenen Fenstern höher waren als bei gekippten Fenster und keine übermäßig lauten hautechnischen Anlagen in der Nähe waren, kann man davon ausgehen, dass diese Maximalpegel durch Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Gebäude entstanden. Demnach können weder die Maximalpegel der DIN 4109 noch der VDI 2719 als Anforderungswert herangezogen werden.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719.

Bei geöffneten Fenstern liegt der Mittelungspegel etwas höher als bei geschlossenen Fenster. Die Messergebnisse liegen trotzdem im empfohlenen Bereich der VDI 2719.

## 4.2 Gebäude B, Raum B213, 2-Personen-Büro

### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,59 | 0,63 | 0,52 | 0,43 | 0,40 | 0,40 |

### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58\text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 2 teilweise im empfohlenen Bereich. Die leichte Unterschreitung im hochfrequenten Bereich kann für die Büronutzung vernachlässigt werden.

### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | -                       | -                       |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 44                      | 51                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 34                      | 37                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | -                       | -                       |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | -                       | -                       |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Die Anforderungen an den Maximalpegel nach DIN 2719 werden eingehalten.

Bei geöffneten Fenstern liegt der Mittelungspegel etwas höher als bei geschlossenen Fenster. Die Messergebnisse liegen trotzdem im empfohlenen Bereich der VDI 2719. Die Anforderungen an den Maximalpegel nach DIN 4109 und VDI 2719 werden eingehalten.



### 4.3 Gebäude B, Raum B214, 2-Personen-Büro

#### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,67 | 0,61 | 0,47 | 0,48 | 0,43 | 0,42 |

#### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 1 teilweise im empfohlenen Bereich. Die leichte Unterschreitung im mittelfrequenten Bereich kann für die Büronutzung vernachlässigt werden.

#### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 26                      | 33                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 33                      | 43                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 34                      | 36                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | 36                      | 60                      |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | 35                      | 48                      |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

#### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Da die Maximalpegel bei geschlossenen Fenstern teilweise höher waren als bei gekippten Fenstern und keine übermäßig lauten hautechnischen Anlagen in der Nähe waren, kann man davon ausgehen, dass diese Maximalpegel durch Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Gebäude entstanden. Demnach können weder die Maximalpegel der DIN 4109 noch der VDI 2719 als Anforderungswert herangezogen werden.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel liegen bis auf Situation 4 im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Bei der Situation 4 überwiegen die Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Raum und Gebäude.

#### 4.4 Gebäude Z-zwo, Raum N046a, Mehrpersonenbüro

##### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,81 | 0,80 | 0,95 | 0,82 | 0,70 | 0,60 |

##### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 7 oberhalb des empfohlenen Bereiches. Diese Überschreitung ist für die Nutzung eines Großraumbüros nicht zu empfehlen.

##### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 30                      | 35                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 40                      | 56                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | -                       | -                       |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | -                       | -                       |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | -                       | -                       |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

##### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Die Anforderungen an den Maximalpegel nach DIN 4109 und VDI 2719 werden eingehalten.

Bei geöffneten Fenstern liegt der Mittelungspegel höher als bei geschlossenen Fenster. Die Messergebnisse liegen trotzdem im empfohlenen Bereich der VDI 2719. Die Anforderungen an den Maximalpegel nach DIN 2719 werden bei gekippten Fenstern knapp nicht eingehalten.

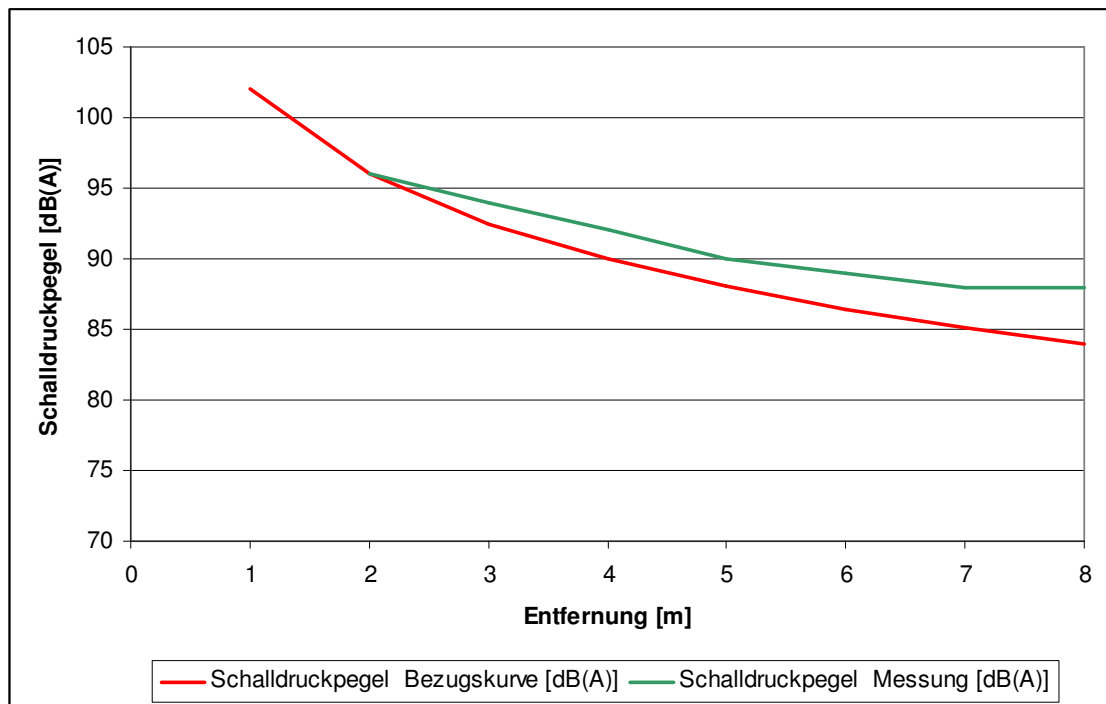


## Schallausbreitung

|                          |    |    |    |    |    |    |    |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Entfernung [m]           | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| Schalldruckpegel [dB(A)] | 96 | 94 | 92 | 90 | 89 | 88 | 88 |

Als Bezugsschallausbreitungskurve wird gemäß VDI 3760 eine Schallausbreitungskurve im Freifeld ohne Reflexionsflächen und Streukörper festgesetzt. Je höher die gemessene Schallausbreitungskurve über der Bezugskurve liegt, umso größer ist der Einfluss des Raumes und seiner reflektierenden Einbauten, und desto ungünstiger ist die raumakustische Qualität zu bewerten.

Im nachfolgenden Diagramm sind beide Kurven dargestellt.



**Diagramm 1: Vergleich Schallausbreitungskurven**

### **Bewertung:**

Das Diagramm zeigt, dass im Nahfeld, d.h. in den ersten 5 Metern, die beiden Kurven dicht beieinander liegen. Die Werte unterscheiden sich maximal um 2 dB. Ab 5 Metern wird der Einfluss des Raumes stärker und der Pegel sinkt langsamer ab. In diesen Bereich wirken sich die reflektierende Wand- und Schrankflächen negativ auf die Raumqualität aus.

Eine Erhöhung der Schallpegelabnahme kann durch die Ausführung einer hoch absorbierenden Decke erricht werden. Alternativ können vertikale Absorber (Stellwände) die akustische Situation verbessern und die Störung der Mitarbeiter untereinander vermindern.

#### 4.5 Gebäude Z-zwo, Raum N411, Mehrpersonenbüro

##### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,64 | 0,47 | 0,65 | 0,57 | 0,56 | 0,55 |

##### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 6 im empfohlenen Bereich. Die minimale Unterschreitung kann vernachlässigt werden.

##### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 29                      | 49                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 38                      | 44                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | -                       | -                       |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | 75                      | -                       |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | -                       | -                       |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

##### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Da die Maximalpegel bei geschlossenen Fenstern höher waren als bei gekippten Fenster und keine übermäßig lauten hautechnischen Anlagen in der Nähe waren, kann man davon ausgehen, dass diese Maximalpegel durch Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Gebäude entstanden. Demnach können weder die Maximalpegel der DIN 4109 noch der VDI 2719 als Anforderungswert herangezogen werden.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern bis auf Situation 4 liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Bei der Situation 4 überwiegen die Nutzergeräusche (Telefonate, Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Raum und Gebäude. Dieser Geräuschpegel ist für konzentrierte Arbeit zu hoch.

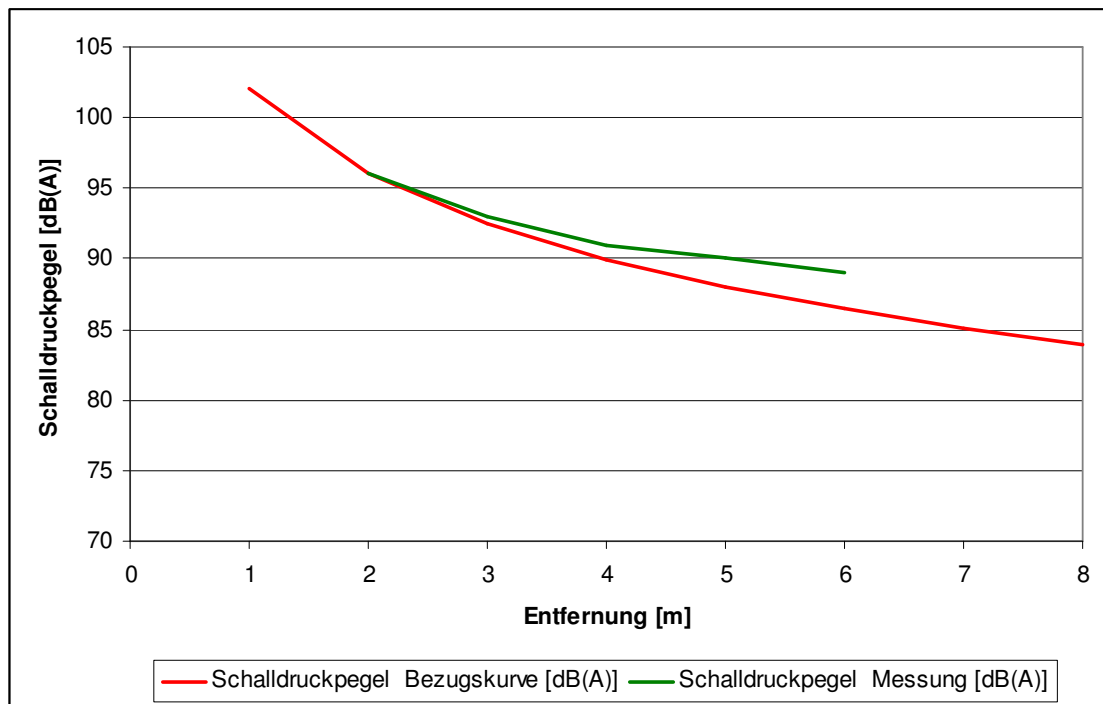
Bei geöffneten Fenstern liegt der Mittelungspegel höher als bei geschlossenen Fenstern. Die Messergebnisse liegen trotzdem im empfohlenen Bereich der VDI 2719.

### Schallausbreitung

|                          |    |    |    |    |    |
|--------------------------|----|----|----|----|----|
| Entfernung [m]           | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| Schalldruckpegel [dB(A)] | 96 | 93 | 91 | 90 | 89 |

Als Bezugsschallausbreitungskurve wird gemäß VDI 3760 eine Schallausbreitungskurve im Freifeld ohne Reflexionsflächen und Streukörper festgesetzt. Je höher die gemessene Schallausbreitungskurve über der Bezugskurve liegt, umso größer ist der Einfluss des Raumes und seiner reflektierenden Einbauten, und desto ungünstiger ist die raumakustische Qualität zu bewerten.

Im nachfolgenden Diagramm sind beide Kurven dargestellt.



**Diagramm 2: Vergleich Schallausbreitungskurven**

**Bewertung:**

Das Diagramm zeigt, dass im Nahfeld, d.h. in den ersten 4 Metern, die beiden Kurven dicht beieinander liegen. Die Werte unterscheiden sich maximal um 1 dB. Ab 4 Metern wird der Einfluss des Raumes stärker und der Pegel sinkt langsamer ab. In diesen Bereich wirkt sich die reflektierende Wandfläche negativ auf die Raumqualität aus.

Eine Erhöhung der Schallpegelabnahme kann durch die Ausführung einer hoch absorbierenden Decke erricht werden. Alternativ können vertikale Absorber (Stellwände) die akustische Situation verbessern und die Störung der Mitarbeiter untereinander vermindern.

#### 4.6 Gebäude Z-zwo, Raum S416, 2-Personen-Büro

##### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,60 | 0,55 | 0,47 | 0,51 | 0,53 | 0,50 |

##### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 5 im empfohlenen Bereich.

##### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 34                      | 38                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 33                      | 38                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 33                      | 36                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | -                       | -                       |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | -                       | -                       |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

##### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Da die Maximalpegel bei geschlossenen Fenstern höher waren als bei gekippten Fenster, kann man davon ausgehen, dass diese Maximalpegel durch Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur, Telefonklingeln usw.) im Gebäude entstanden. Demnach kann der Maximalpegel der DIN 4109 für haustechnische Anlagen nicht als Anforderungswert herangezogen werden.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei offenen Fenstern liegen im empfohlenen Bereich der VDI 2719.

#### 4.7 Gebäude Z-zwo, Raum S155, 2-Personen-Büro

##### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |                         |
|--------------|--|-------------------------|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] | L <sub>max</sub> dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 24                      | 31                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 33                      | 43                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 33                      | 36                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | 34                      | 56                      |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | -                       | -                       |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) und der Maximalpegel zwischen 45 und 55 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

**Bewertung:**

*Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.*

*Da die Maximalpegel bei geschlossenen Fenstern höher waren als bei gekippten Fenster und keine übermäßig lauten hautechnischen Anlagen in der Nähe waren, kann man davon ausgehen, dass diese Maximalpegel durch Nutzergeräusche (Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Gebäude entstanden. Demnach können weder die Maximalpegel der DIN 4109 noch der VDI 2719 als Anforderungswert herangezogen werden.*

*Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern bis auf Situation 4 liegen im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Bei der Situation 4 überwiegen die Nutzergeräusche (Telefonate, Türschlagen, Unterhaltungen im Flur usw.) im Raum und Gebäude.*

*Bei geöffneten Fenstern liegt der Mittelungspegel höher als bei geschlossenen Fenster. Die Messergebnisse liegen trotzdem im empfohlenen Bereich der VDI 2719.*

#### 4.8 Gebäude Z-zwo, Raum S118, Besprechung - Flur

##### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 1,20 | 1,10 | 1,05 | 0,90 | 0,72 | 0,67 |

##### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 4 oberhalb des empfohlenen Bereiches. Für die Flurnutzung sind die Nachhallzeiten akzeptabel. Für die Nutzung als Besprechungsbereich sind die Nachhallzeiten zu hoch.

##### Trittschalldämmmaß

|  |                 |
|--|-----------------|
|  | $L'_{n,w}$ [dB] |
| Anforderung gemäß DIN 4109                                     | $\leq 53$       |
| Empfehlungen gemäß DIN 4109 Beibl. 2 für erhöhten Schallschutz | $\leq 46$       |
| Messwert (siehe Anlage 10)                                     | 34              |

##### **Bewertung:**

Die Anforderung gemäß DIN 4109 und die Empfehlung für erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109 Beiblatt 2 werden eingehalten.

## 4.9 Gebäude DVA, Raum 218, Einzelbüro

### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,39 | 0,42 | 0,39 | 0,30 | 0,37 | 0,35 |

#### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,8\text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 8 unterhalb des empfohlenen Bereiches. Diese Unterschreitung der empfohlenen Nachhallzeit wirkt sich positiv für die Büronutzung aus.

### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |
|--------------|--|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 33                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 55                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 33                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | 50                      |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | 35                      |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

#### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei geschlossenen Fenstern liegen bis auf Situation 4 im empfohlenen Bereich der DIN 4109 und VDI 2719. Bei Situation 4 überwiegen die Nutzgeräusche (Telefonate, Tastaturklappern, Unterhaltungen, usw.) im Raum.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel bei offenen Fenstern liegen bei 55 dB(A). Dieser Geräuschpegel ist für konzentrierte Büroarbeit zu hoch.

#### 4.10 Gebäude DVA, Raum 206, 2-Personen-Arbeitsbereich

##### Nachhallzeit

|                  |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Frequenz [Hz]    | 125  | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Nachhallzeit [s] | 0,40 | 0,34 | 0,38 | 0,34 | 0,36 | 0,34 |

##### **Bewertung:**

Die Empfohlene Nachhallzeit gemäß DIN 18041 beträgt  $T=0,58 \text{ s} \pm 20\%$ . Die Nachhallzeit liegt gemäß Anlage 9 unterhalb des empfohlenen Bereiches. Diese Unterschreitung der empfohlenen Nachhallzeit wirkt sich positiv für die Büronutzung aus.

##### Innenpegel

| Messung      | Situation  | Ergebnisse              |
|--------------|--|-------------------------|
|              |  | L <sub>95</sub> [dB(A)] |
| Innenpegel 1 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte aus               | 54                      |
| Innenpegel 2 | Fenster gekippt, ohne Personen, Geräte aus                   | 54                      |
| Innenpegel 3 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an                | 54                      |
| Innenpegel 4 | Fenster geschlossen, mit Personen, Geräte an                 | 54                      |
| Innenpegel 5 | Fenster geschlossen, ohne Personen, Geräte an, Flurtür offen | 54                      |

Der vom Außenlärm beeinflusste Mittelungspegel im Innenraum soll gemäß VDI 2719 zwischen 35 und 45 dB(A) liegen.

Der durch die hautechnischen Anlagen beeinflusste zulässige Schalldruckpegel im Raum gemäß DIN 4109 darf maximal 35 dB(A) betragen und kurzzeitige Spitzenpegel von 45 dB(A) aufweisen.

##### **Bewertung:**

Demnach entsprechen die Anforderungen nach DIN 4109 den unteren Werten der Anforderung nach VDI 2719.

Die Messergebnisse der Mittelungspegel liegen trotz sehr guter Nachhallzeit bei 54 dB(A). Der offene Arbeitsbereich ist über den Flur mit weiteren offenen Arbeitsbereichen und offen stehenden Büros verbunden.

Der gleich bleibende Pegel deutet darauf hin, dass der Pegel durch die Nutzergeräusche (Telefonate, Tastaturklappern, Unterhaltungen, usw.) in den anderen Arbeitsbereichen und dem Verkehr auf dem Flur bestimmt wird. Dieser Geräuschpegel ist für konzentrierte Arbeit zu hoch.



## 5 Beurteilung

Die stichprobenhaften Messungen haben ergeben, dass die Nachhallzeiten in den Gebäuden A, B und Z-zwo bei der Mehrheit der Räume im empfohlenen Bereich liegen. Unzureichende raumakustische Verhältnisse konnten nur im Großraumbüro im Erdgeschoss und im Besprechungsbereich im 1.OG des Gebäudes Z-zwo festgestellt werden. Im Gebäude DVA lagen die Nachhallzeiten immer unterhalb der empfohlenen Nachhallzeit. Dies beeinträchtigt unserer Einschätzung nach jedoch nicht die Nutzung und ist bei starker Belegung der Büroflächen vorteilhaft.

Der Innenpegel in den Arbeitsräumen liegt bei geschlossenen Fenstern im unbesetzten Zustand unter 35 dB(A). Bei Nutzung eines Raumes durch ein bis zwei Personen steigt der Pegel durch die Nutzergeräusche ca. 50 dB(A) an. Bei Nutzung eines Raumes durch z.B. mehrere telefonierende Personen steigt der Pegel auf bis zu 75 dB(A) an. Für konzentrierte Büroarbeit ist ein Innenraumpegel von mehr als 50 dB(A) sehr störend und nicht geeignet.

Man kann also im Allgemeinen von guten raumakustischen Verhältnissen in den gering besetzten Büroräumen ausgehen. In den Großraumbüros und den offenen Arbeitsbereichen kann teilweise trotz guter Nachhallzeit ein hoher, störender Geräuschpegel auftreten.

Der Trittschallschutz im Gebäude Z-zwo übertrifft sowohl die Anforderungen der DIN 4109 als auch die Empfehlungen für erhöhten Schallschutz nach DIN 4109 Beiblatt 2. Der Trittschallschutz ist als sehr gut einzustufen.

## 6 Zusammenfassung und Schluss

Im vorliegenden Bericht werden die Messergebnisse für vier Bürogebäude in Stuttgart dargestellt.

Sowohl die Nachhallzeiten als auch die Innenpegel weisen in den kleineren Büroräumen eine zufrieden stellende raumakustische Situation auf. In den Großraumbüros, offenen Arbeitsbereichen und dem Besprechungsbereich im Flur zeigen die Messwerte schlechte Nachhallzeiten oder eine sehr lauten Geräuschkulisse auf.

Dieser Bericht umfasst 21 Seiten und 9 Anlagen.

Stuttgart, den 02.03.2009

EGS-plan GmbH

i. A. Andreas W. Hüttinger  
Dipl.-Ing. (FH)  
Bauphysiker

i. A. Tabea Reymann  
Dipl.-Ing. (FH)  
Bauphysikerin

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

### Inhaltsverzeichnis

| Tabelle | Kriterium   | Seite |
|---------|---|-------|
| 1       | Luftschalldämmung der Außenbauteile   | 2     |
| 2       | Schallschutz Ist-Zustand: Wände und Türen   | 2 - 3 |
| 3       | Schallschutz Ist-Zustand: Decken  | 4     |
| 4       | Raumakustik / Sonstige Lärmquellen<br>(Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche) | 5     |

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 1: Luftschalldämmung der Außenbauteile

| Ifd. Nr. | Bauteile | Raumtyp<br>(inkl. def. Eckbüro /<br>Längsbüro) | Res. Schall-<br>schutz | Quelle | Schallschutz-<br>Anford.<br>DIN 4109,<br>Tab. 8+9 <sup>1)</sup> | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|--|------------------------|--------|---|---------|-------------|
|          |          |  | Ist-Wert               |        |   |         |             |
|          |          |  | $R'_{w, res}$          |        | erf. $R'_{w, res}$  |         |             |
|          |          |  | in dB                  |        | in dB   |         |             |

### I. Fassade

|     |   |   |                      |          |                      |               |                |
|-----|---|---|----------------------|----------|----------------------|---------------|----------------|
| I.1 | <b>Fassade Nord</b><br>Kuppe Achsen 12-13                                 | Eckbüro                                   | 39,8                 | a)<br>b) | 40,3                 | n             | l)<br>Bestand! |
| I.2 | <b>Fassaden Ost und West</b><br>Achsen 11-12<br>Achsen 8-11<br>Achsen 0-8 | Längsseiten<br>Längsseiten<br>Längsseiten | 41,6<br>36,9<br>36,9 | d)<br>g) | 38,5<br>38,5<br>33,5 | ja<br>n<br>ja | l)<br>Bestand! |
| I.3 | <b>Vorstandsebene 6. OG</b>   | Längsseiten                               | n. beurteilt         | d)       |                      | ja            | SSK 4          |

Tabelle 2: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |             | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|--------|--|-------------|---------|-------------|
|          |                                  |                               |        | mindest  | erhöht      |         |             |
|          |                                  |                               |        | $R'_w$   | erf. $R'_w$ |         |             |
|          |                                  |                               |        | in dB  | in dB       |         |             |

### I. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- zu Fremdbereiche

|     |  |          |  |      |      |  |   |
|-----|--|----------|--|------|------|--|---|
| I.1 | <b>Trennwände</b> zwischen fremden Arbeitsräumen   | n. vorh. |  | 53   | ≥ 55 |  | Bürogebäude für<br>einen Mieter gebaut<br>technisch zu<br>mindestens in<br>Mietfläche möglich,<br>Abrechnung Energie<br>vermutlich nein |
| I.2 | <b>Treppenraumwände</b> und Wände neben Hausfluren   | n. vorh. |  | 52   | ≥ 55 |  |   |
| I.3 | <b>Wände</b> neben Durchfahrten, Einfahrten von<br>Sammelgaragen   | n. vorh. |  | 55   | --   |  |   |
| I.4 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen in<br>Flure und Dielen führen                                   | n. vorh. |  | 27   | ≥ 37 |  |   |
| I.5 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen<br>unmittelbar in Flure von Arbeitsräumen führen. <sup>3)</sup> | n. vorh. |  | (37) | --   |  |   |

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 2 ff: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

| Ird. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schallschutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |        | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|--------------------------|--------|--|--------|---------|-------------|
|          |                                  |                          |        | mindest  | erhöht |         |             |
|          |                                  |                          |        | erf. $R'_w$  |        |         |             |
|          |                                  |                          |        | in dB  |        |         |             |

### II. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich<sup>4)</sup>

|      |   |            |    |    |     |           |  |
|------|---|------------|----|----|-----|-----------|--|
| II.1 | <b>Wände</b> zw. Büroräumen mit üblicher <u>Bürotätigkeit</u>   | 40 ...44   | a) | 37 | ≥42 | ja        | i.d..R. 40 dB  |
| II.2 | wie vor, Bürowand zum Flur  | > 42 ..45  | d) | 37 | ≥42 | ja        | o. Schrank   |
| II.3 | <b>Wände</b> von Räumen für konzentrierte Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten (z.B. Direktionszimmer) | 45         |    | e) | 45  | ≥52       | ja   |
| II.4 | wie vor, Bürowand zum Flur  | > 45       |    | 45 | ≥52 | ja        |  |
| II.5 | <b>Wände</b><br>Besprechungsräume bzw. Konferenzräume <sup>5)</sup>   | > 42<br>45 |    | 45 | ≥52 | (n)<br>ja | Bespr.räume abgeschottet im EG, abgeschottet <sup>1)</sup> |
| II.6 | wie vor, jedoch zum Flur<br>Besprechungsräume bzw. Konferenzräume   | dito       |    | 45 | ≥52 |           |  |
| II.7 | <b>Türen</b> in Wänden mit üblicher Bürotätigkeit   | << 27      |    | 27 | ≥32 | n         | Türen mit Glasfüllung, 1 Falz                              |
| II.8 | <b>Türen</b> in Wänden mit konzentrierter Bürotätigkeit   | 37         |    | 37 | --  |           |  |
| II.9 | <b>Türen</b> in Wänden von Besprechungsräumen bzw. Konferenzräumen <sup>5)</sup>  | 37         |    | 37 | --  |           | Konferenz  |

### III. Wände zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen<sup>7)</sup>

|       |  |          |  |    |    |  |   |
|-------|--|----------|--|----|----|--|---|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>$L_{AF} = 75$ bis $80$ dB (A) <sup>6)</sup> | n. vorh. |  | 57 | -- |  |   |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>$L_{AF} = 81$ bis $85$ dB (A) <sup>6)</sup>  | n. vorh. |  | 62 | -- |  |   |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.  | n. vorh. |  | 55 | -- |  | keine schutzbedürftigen Räume i.d. Nähe |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb  | n. vorh. |  | 57 | -- |  |   |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb   | n. vorh. |  | -- | -- |  |   |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel $L_{AF} \leq 85$ dB (A) <sup>6)</sup> , auch nach 22.00 Uhr in Betrieb  | n. vorh. |  | 62 | -- |  |   |

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 3: Schallschutzwert Ist-Zustand: Decken

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert<br>Ist-Wert |                                | Quelle | normale (erhöhte)<br>Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |                                | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|---|--------------------------------|--------|---|--------------------------------|---------|-------------|
|          |                                  | Luft-<br>schall                           | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |        | Luft-<br>schall   | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |         |             |
|          |                                  | R' <sub>w</sub>                           | L' <sub>n,w</sub>              |        | erf. R' <sub>w</sub>  | erf. L' <sub>n,w</sub>         |         |             |
|          |                                  | in dB                                     |                                |        | in dB   |                                |         |             |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) ---zu Fremdbereiche

|     |  |      |            |    |           |           |         |                                      |
|-----|--|------|------------|----|-----------|-----------|---------|--------------------------------------|
| I.1 | Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten                  | ~ 54 | 73<br>< 53 | a) | 54 (≥ 55) | 53 (≤ 46) | n<br>ja | o. Teppichbelag!<br>mit Teppichbelag |
| I.2 | Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen | 57   | 73<br>< 53 | a) | 55 (-)    | 53 (≤ 46) | n<br>ja | o. Teppichbelag!<br>mit Teppichbelag |
| I.3 | Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen                                    | --   | 53         | a) | --        | 53 (≤ 46) | ja      |                                      |
| I.4 | Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung   | > 55 | 46         | a) | 54 (≥ 55) | 53 (≤ 46) | ja      | diagonal                             |
| I.5 | Decken unter Hausfluren  | --   | n. vorh.   |    | --        | 53 (≤ 46) | -       |                                      |
| I.6 | Treppenläufe und -podeste  | --   | 58         | a) | --        | 58 (≤ 46) | ja      |                                      |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich <sup>4)</sup>

|      |  |    |                |    |           |                            |    |                 |
|------|--|----|----------------|----|-----------|----------------------------|----|-----------------|
| II.1 | Decken, Treppen, Decken von Fluren und Treppenraumwänden | 53 | < 53<br>m.Tep. | a) | 52 (≥ 55) | 53 (≤ 46)<br><sup>9)</sup> | ja | Bürotrenndecken |
|------|--|----|----------------|----|-----------|----------------------------|----|-----------------|

### Decken zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen <sup>7)</sup>

|       |   |          |          |    |    |                   |    |                                    |
|-------|---|----------|----------|----|----|-------------------|----|------------------------------------|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>L <sub>AF</sub> = 75 bis 80 dB (A) <sup>6)</sup> | > 57     | 43       | a) | 57 | 43 <sup>10)</sup> | ja | 6./ 7. OG                          |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> = 81 bis 85 dB (A) <sup>6)</sup>  | n. vorh. | n. vorh. |    | 62 | 43 <sup>10)</sup> | -- |                                    |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.   | 57       | 43       |    | 55 | 43                | ja | 1. UG / EG, inkl. abgehängte Decke |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb   | n. vorh. | n. vorh. |    | 57 | 33                | -- |                                    |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb  | n. vorh. | n. vorh. |    | -- | 43                | -- |                                    |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> ≤ 85 dB (A) <sup>6)</sup> ,<br>auch nach 22.00 Uhr in Betrieb   | n. vorh. | n. vorh. |    | 62 | 33                | -- |                                    |

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 4: Raumakustik / Sonstige Lärmquellen (Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche)

| Ifd. Nr. | Bauteile | Ist-Wert |                    | Quelle | Anforderung<br><sup>11), 12)</sup>    | Zustand (Belegung) | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|----------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------|---------|-------------|
|          |          | T        | A/V                |        | Tsoll<br>/<br>(A/V)<br>$\alpha_w$     |                    |         |             |
|          |          | in s     | in m <sup>-1</sup> |        | in s /<br>in m <sup>-1</sup> /<br>- / |                    |         |             |

### I. Raumakustik

|     |  |   |    |  |                                       |                                |                        |                                 |          |
|-----|--|---|----|--|---------------------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|----------|
| I.1 | <b>Einzel- und Mehrpersonbüros</b><br>bis zur Fläche von 40 m <sup>2</sup> (DIN 18041, Gruppe B) | >> 1,0<br>i.M.                              | -- |  | ~ 1,0<br>s <sup>12)</sup>             | unmöbl.<br>11), 12)            |                        | III) unmöbliert!                |          |
| I.2 | <b>Mehrpersonbüros</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche<br>(DIN 18041, Gruppe B)                  | >> 1,0                                      | -- |  | ~ 1,0 s <sup>12)</sup>                | unmöbl.<br>11), 12)            | --                     | III) unmöbliert!                |          |
|     | <u>Beschreibung akustische Maßnahmen der Büroräume:</u>  |   |    |  |                                       |                                |                        | ja                              | nein     |
|     | a) keine akustischen Maßnahmen   |   |    |  |                                       |                                |                        | <b>x</b>                        |          |
|     | b) Raumakustische Maßnahmen mit Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsegel etc.)    |   |    |  |                                       |                                |                        |                                 | <b>x</b> |
|     | c) flächige Akustikdecken / Deckensegel angeordnet im Achsraster (> 60% der Bürodeckenflächen))  |   |    |  |                                       |                                |                        |                                 | <b>x</b> |
| I.3 | <b>Besprechungsräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)   | runder Raum:<br>Brennpunkt/<br>Focusierung! | a) |  | 0,63 s<br>± 20%<br><sup>11)</sup>     | 80 %<br><sup>11), 12)</sup>    | <b>n</b>               |                                 |          |
| I.4 | <b>Konferenzräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)  | 0,8 bis 1,8 s                               |    |  | 0,65 s<br>± 20%<br><sup>11)</sup>     | 80 %<br><sup>11), 12)</sup>    | <b>jei</b><br><b>n</b> | IV)<br>je nach<br>Belegungsplan |          |
| I.5 | <b>Empfangszone</b><br>(DIN 18041, Gruppe B)   | 0%  | a) |  | $\alpha_w$<br>= 0,7<br><sup>11)</sup> | 30% <sup>11)</sup><br><br>leer | <b>n</b>               | V)                              |          |
| I.6 | <b>Kantinen</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche (DIN 18041, Gruppe B)                            | 50%   |    |  | $\alpha_w$<br>= 0,7<br><sup>11)</sup> | 70% <sup>11)</sup><br>leer     | <b>ja</b>              | VI)                             |          |

### II. Sonstige Lärmeinwirkungen

|      |   |          |          |
|------|---|----------|----------|
| II.1 | <u>Beschreibung Anordnung Aufzugsanlagen</u>  | ja       | nein     |
|      | a) Wand- und Deckenstärken sind entsprechend VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup><br><b>→ Ist-Situation:</b> zw. schutzbedürftigem Räuem und Aufzugsanlage befinden sich andere Räume |          | <b>x</b> |
|      | b) Körperschallentkoppelungen sind entspr. VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup>   |          | <b>x</b> |
| II.2 | <u>Beschreibung möglicher Störungen durch Installationsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)</u>  | ja       | nein     |
|      | b) Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche L <sub>in</sub> = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen<br>(Vorstände, Rechtsanwaltspraxen etc.) <sup>13)</sup>   | <b>x</b> |          |

## Anlage 2: Züblinhaus – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

| II.3 | Beschreibung möglicher Störungen durch Lüftungsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)  | ja | nein     |
|------|---|----|----------|
|      | c) Einhaltung des max. Schalldruckpegels der Lüftungstechnischen Anlagen von $L_{AF} = 30 \dots 35 \text{ dB (A)}$ nach Empfehlung von <sup>13)</sup> $\rightarrow \Delta 5 \text{ dB (A)}$ geringer als nach DIN 4109 ( $L_{AF} = 35- 40 \text{ dB (A)}$ ) gefordert <sup>1)</sup> |    | <b>x</b> |

### Legende:

- 1) DIN 4109: Hochbau im Schallschutz; Anforderungen und Nachweise, 1989-11
- 2) DIN 4109, Beiblatt 2: Hochbau im Schallschutz, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, 1989-11
- 3) analog Wohnräumen nach DIN 4109, Tab. 3
- 4) **Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz in Eigenbereichen** (innerhalb einer Mieteinheit) sind keine baurechtlichen Anforderung und müssen ausdrücklich mit dem Bauherrn vereinbart sein
- 5) Für **Konferenzräume** liegen baurechtlich keine spez. Anforderung vor, in der Regel 52 dB
- 6)  $L_{AF}$  = Schalldruckpegel
- 7) **Schutzbedürftige Räume:** z.B. Wohnräume, Schlafräume Unterrichtsräume, Büroräume (ausgenommen Großraumbüro), Praxisräume  
**besonders laute Räume:** z.B: haustechnische Anlagen und Verkaufsstätten mit  $L_{AF} \geq 75 \text{ dB (A)}$ , Gasträume, Kegelbahnen Küchenräume (außer Kleinküchen, Aufbereitungsküchen), Theaterräume, Musik- und Werkräume, Müllabwurfanlagen, zentrale Staubsauganlagen)
- 8) Anforderung an Trittschallschutz in waagrechter, schräger oder senkrechter Richtung
- 9) Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweises des Trittschallschutzes angerechnet werden.
- 10) Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen erforderlich – s. DIN 4109, Beiblatt 2. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigeres erf. notwendig ein, dies ist im Einzelfall zu überprüfen.
- 11) DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004-05
- 12) Deutsches Siegel für Nachhaltiges Bauen: Kriteriensteckbrief 21: Akustischer Komfort, Version 2009 (Stand Juni 2009)
- 13) Elmar Sälzer, Allgemeine anerkannte Regeln des Schallschutzes in Verwaltungsgebäuden, Weimarer Bauphysiktag 2005
- 14) VDI 2566 E, Blatt 1: Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum, 2001-12
- 15) VDI 2566, Blatt 2: Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum, 2004-05

### Quellen:

- a) Rechnerische Nachweisführung, Ed. Züblin AG
- b) Lärmschutznachweis: Schallschutz gegen Außenlärm, Ingenieurgesellschaft BBI, 2001-04-09
- c) Schallschutzmessungen, EGS - Plan, siehe Anlage 1 des Berichts
- d) Handschriftlicher Nachweis des Schallschutzes, Außen- und Innenlärm, Quelle: Ed. Züblin AG oder Prof. Dr. Gösele, 20.07.1984
- e) Aktennotiz zur Schalldämmung der Trennwände, Ed. Züblin AG, 25. 11. 1983
- f) Aktennotiz zur Besprechung am 09.05.1983, Schallschutz Außen- und Innenlärm, Teilnehmer u.a. Prof. Dr. Gösele
- g) Beurteilung der Störung durch Verkehrsgeräusche für das geplante Bürogebäude der Ed. Züblin AG, Prof. Dr. Gösele, 27.12.1982
- h) Schalltechnische Beurteilung eines Innenhofes mit Glasdach für die Firma Ed. Züblin AG, Prof. Dr. Gösele, 03.09.1982

### Kommentare:

- I) Maßgeblicher Außenlärmpegel wurde bereits damals etwas zu optimistisch angesetzt, bei Vergleich Messungen von Gösele und Aussagen des Baurechtmannes; Werte des heutigen maßgeblichen Außenlärm nach BBI siehe b), bedingt durch Nähe zur Nord-Südstraße ist davon auszugehen, dass beim Züblinhaus der Pegel höher als beim Z-Zwo ist. Die achsbezogene Lärmeinwirkung auf Fassade ist lt. Gösele und BBI unterschiedlich angesetzt werden.
- II) bei Konferenzraum im EG Ausführung der Wände nicht exakt nachvollziehbar, jedoch in der Anordnung von anderen Bereichen durch Vorräume gut abgetrennt, dito die runden Besprechungszimmer im Ostflügel
- III) Keine Absorptionsmaßnahmen in Büroräume oder runde Besprechungsräume geplant. In Büroräume war dieser Punkt damals diskutiert worden. Anforderung ohne Möblierung nicht erreicht.
- IV) Im Konferenzräume sollte Akustikmaßnahme mit Belegung des Raumes erreicht werden, Kompensation durch Polsterstühle. Praxis zeigt, dass bei Kinobestuhlung (80 – 100 Pers.) die Maßnahme ausreichend ist, bei geringer Belegung (keine Kinosbestuhlung) und offenen Vorhängen ist der Raum zu hallig
- V) Akustikmaßnahmen für Empfangsraum wurde damals bedacht, jedoch in Ausführungsplanung beschlossen, dass der Empfangsbereich hallig sein soll.
- VI) In Kantine sind vollflächig die Decken mit Akustikdecken belegt. Aufgrund der hohen Räumhöhe wäre noch eine höhere Belegungsfläche von Absorptionsfläche lt. DIN 18041, Tab. 6 erforderlich



## Anlage 3: Züblinhaus – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

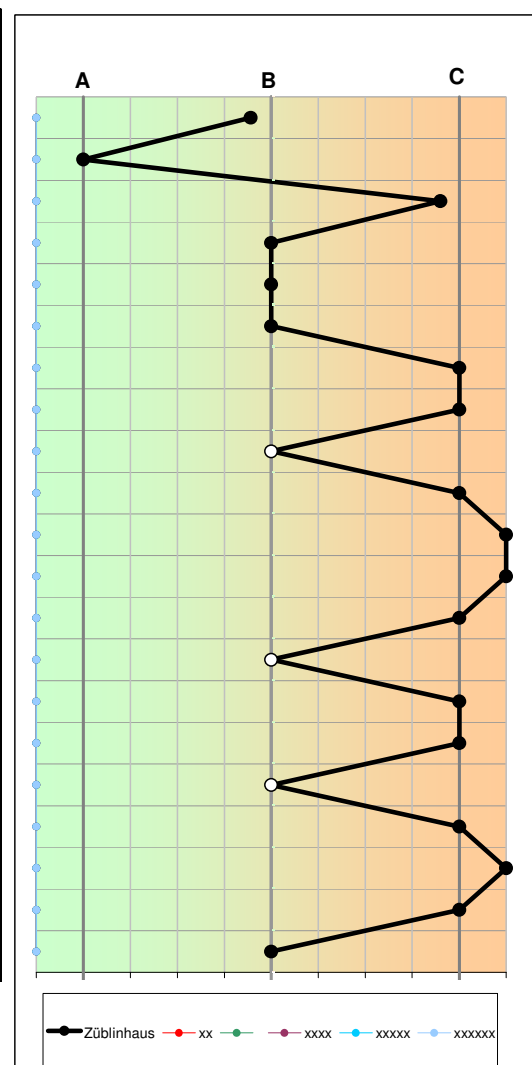
REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-22/Ed. Züblin AG

|                   |                |
|-------------------|----------------|
| BV:               | Züblinhaus     |
| Standardgrundriss | Obergeschoss 3 |
| Konferenzebene    | Erdgeschoss    |
| Vorstandsebene    | Obergeschoss 6 |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Schallschutz |
|-----------------------------------|--------------|

| Id. Nr. | Hauptkategorie                | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |
|---------|-------------------------------|---|----------------------|-------------------|
| 1.1     | 1. Außenklima                 | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                                   | $\Delta R'_{w,res}$  | 1   1)            |
| 1.2     |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)   | -                    | 1   1)            |
| 2.1     | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.2     |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.3     |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                                       | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.4     |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                                | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.5     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.6     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke); (vertikal)                               | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 2.7     |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                           | $L'_{n,f,w,B}$       | 1   1)            |
| 3.1     | 3. Raumakustik                | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzebene, Besprechungsräume)  | $T_{soll}$           | 1   1)            |
| 3.2     |                               | Einzelbüros und Mehrpersonenbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                   | DGNB Pkte            | 1   1)            |
| 3.3     |                               | Mehrpersonenbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                     | DGNB Pkte            | 1   1)            |
| 3.4     |                               | Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)   | -                    | 1   1)            |
| 4.1     | 4. Schutz gegen lauten Räumen | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | 1   1)            |
| 4.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 4.3     |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall  | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 5.1     | 5. Fremdbereiche              | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | 1   1)            |
| 5.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 5.3     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)   | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 6.1     | 6. Sonderbereiche             | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut  | -                    | 1   2)            |
| 6.2     |                               | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche $L_{in} = 30$ dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | $L_{in}$             | 1   2)            |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren   | 18 |
| Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren | 14 |
| Gesamtbewertung Bewertungsnote        |    |
| Nullmessung - - mit Gewichtungsfaktor |    |

**C**

17,9%

1) Pflichtbewertungen, falls Bewertung auf Null gesetzt, dann nicht im Projekt bewertbar  
2) Ergänzungsmöglichkeit nach Erfordernis

### Projektspezifische Aufgaben

Bestandsgebäude aus dem Jahr 1985, Fensterelemente entlang Nordkuppe nicht ausreichend. Erfüllt heutige baurechtliche Anforderung nicht! Dies betrifft ebenfalls Büroräume in den Achsen 8-11. Anforderung Decke gegen Fremdbereich nur mit Teppichbelag erfüllbar. Hier ohne Teppichbelag bewertet lt. DIN 4109. Fremdvermietung derzeit nicht ausgelegt

## Anlage 3: Züblinhaus – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-22/Ed. Züblin AG

BV:

Züblinhaus

| Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU |                               |  |                       | Bemerkungen |   |
|---------------------------------|-------------------------------|--|-----------------------|-------------|---|
| Id. Nr.                         | Haupt-Kategorie               | Einzelkriterien  | Kenn-zeichnende Größe | Einheit     | Bemerkungen zur Bewertung des Projekts  |
| 1.1                             | Außenlärm                     | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                              | $\Delta R'_{w, res}$  | dB          | Fensterelemente zur Glashalle nicht betrachtet, da nicht direkt mit Außenlärm konfrontiert. Ansonsten Verfälschung zu Gunsten der außenliegenden Fensterelemente, aufgrund der Nichteinhaltung sollte Wert von "B" auf C gesetzt werden |
| 1.2                             |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)  | -                     | -           |   |
| 2.1                             | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R'w                   | dB          |   |
| 2.2                             |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG)<br>→ Standortvorteil                                       | R'w                   | dB          | beschränkt sich auf ein Konferenzsaal   |
| 2.3                             |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG)<br>→ Standortvorteil                               | R'w                   | dB          | nur 6. OG, Ostseite   |
| 2.4                             |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                           | R'w                   | dB          | Schalllängsleitung Fassade abgeschätzt  |
| 2.5                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                   | dB          |   |
| 2.6                             |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke) ; (vertikal)                         | L'n,w                 | dB          | Anforderung an Trittschall nur in Kombination Teppichbelag erreicht   |
| 2.7                             |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                      | L'n,f,w,R             | dB          | nicht vorhanden   |
| 3.1                             | 3. Raum-akustik               | Gruppe A (DIN 18041)<br>(Konferenzebene, Besprechungsräume)                                  | Tsoll                 | s           | Konferenzraum erreicht NHZ nur im vollbesetztem Zustand: 80 Personen, bei wesentlich geringeren Belegungsdichten nicht --> C  |
| 3.2                             |                               | Einzelbüros und Mehrpersonenbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21              | DGNB Pkte             | Pkte        |   |
| 3.3                             |                               | Mehrpersonenbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                | DGNB Pkte             | Pkte        |   |
| 3.4                             |                               | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)       | -                     | -           |   |
| 4.1                             | 5. Schutz gegen lauten Räumen | Wand, Luftschallschutz   | R'w                   | dB          | liegt nicht vor   |
| 4.2                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                   | dB          | z.B. 6. OG zu Technik   |
| 4.3                             |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L'n,w                 | dB          |   |
| 5.1                             | 6. Fremd-bereiche             | Wand, Luftschallschutz   | R'w                   | dB          | nicht vorgesehen, ggf. vermietbar, jedoch fraglich: --> Stichpunkt: Nebenkostenabrechnung, daher nicht bewertet   |
| 5.2                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                   | dB          | bewertet --> Nutzungsmöglichkeit  |
| 5.3                             |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)  | L'n,w                 | dB          | Anforderung nur mit Teppichbelag erfüllbar  |
| 6.1                             | 7. Sonderber.                 | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut   | -                     |             | Aufzugsschächte und Anlagen entspricht nicht VDI 2566 gebaut  |
| 6.2                             |                               | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche L'n = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | L'n                   | dB (A)      | k. Störungen bekannt. Daher Mittelfeld  |

**Anlage 4:** *Züblinhaus – Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien*  
zu Bericht:2A.3.6.3.0

Anlage enthält **1** Seite

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

06. Juli 2009 / Ed. Züblin AG

A+: **Übererfüllung:** z.B. sämtliche Bürotrennwände erreichen einen Ist-Schalldämmwert von 52 dB. Dieser Wert ist bei massiver Bauweise technisch machbar, aber bei flexibler Nutzungsgestaltung eines Grundrisses (Hohlraumboden, Fassadenanschlüsse) bei einem Standardgebäude unüblich. Daher wird die Note A bereits bei einem Schalldämmwert von 45 dB erreicht, darüberhinaus liegende Werte werden mit A+ gekennzeichnet

C-: **Überschreitung:** z.B. einer baurechtlichen Norm (=Note: C)

Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Ist-Nr. | Hauptkategorie    | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Einheit | Festlegung der Bewertung   | A         | mind. % aller Bezugsflächen | B         | mind. % aller Bezugsflächen | C       | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge  | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|---------|-------------------|--|----------------------|---------|--|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|---------|-----------------------------|--|----------------------------------|--|
|         |                   |  |                      |         |  |           |                             |           |                             |         |                             |  |                                  |  |
| 1.1     | Außenraum         | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                        | ΔR'w,res             | dB      | Ziel ist die skalierte Darstellung des mittleren Differenzbetrags zwischen der Mindestanforderung nach DIN 4109 und dem vorliegenden Ist-Schalldämmwert der Fassade. Die Skalierung stellt keine Bildung eines resultierenden Gesamtschalldämmwertes über die Gebäudehülle dar. Zuerst werden sämtliche unterschiedlichen Fassadenschalldämmwerte am Gebäude kategorisiert und die Δ Beträge zum jeweiligen Sollwert ermittelt. Aus der mittleren Abweichung zum Sollwert wird die Note abgeleitet.<br><br>Zur Vermeidung von Verfälschungen darf pro Fassadenkategorie max. eine positive Abweichung von Δ 3 dB in o.g. Berechnung berücksichtigt werden.<br>Bsp: Sollwert: 32 dB, Ist-Wert: 37 dB → Differenzbetrag: 37 - 32 dB = Δ 5 dB > Δ 3 dB → d.h. erlaubte, ansetzbare Abweichung: Δ 3 dB. Dadurch sollen unrealistische Kompensationen einer ungünstigen Fassadenseite mit geringer Abweichung zum Sollwert durch eine günstige Fassadenseite mit hoher Abweichung zum Sollwert vermieden werden.<br><br>Werden die baurechtlichen Anforderungen nach DIN 4109 unterschritten, so erfolgt eine pauschalierte Bewertung von -125%, d.h. C-. | 3         | 100%                        | 1.5       | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.   | 100%                        | DIN 4109   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Baurechtliche Mindestanforderungen nach DIN 4109<br><br>aus wirtschaftlichen und praxistauglichen Gründen niedrigere Werte angesetzt als nach Sb des DGNB, Höhere Anforderung an Schalldämmwert der Fassade führt nicht automatisch zur Verbesserung des Innenpegels, da die Innengeräuschpegel durch Eigengeräusche der Nutzer mitbeeinflusst werden. |
| 1.2     |                   | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)                                      | -                    | -       | Prozentualer Flächenanteil mit/ohne manueller Be- und Entlüftung zur festgelegten Bezugsfläche.<br><br>In die Bezugsfläche fließen nur Büroflächen und kleine Besprechungsräume ein. Räume mit mechan. Be- und Entlüftung, die bereits aus aus hygienischen Gründen erforderlich sind, werden ausgeschlossen (z.B. Konferenzräume, Toiletten) sowie Verkehrsflächen.   | manuell   | 100%                        |           |                             | manuell | 0%                          | in Anlehnung der VDI 2719                            | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mechanische Be- und Entlüftung (mögliche Gründe: Außenlärm, Großraumbüros nach AStätt)<br><br>manuelle Be- und Entlüftung generell mit gekippten Fenstern oder Stoßlüftung möglich.  |
| 2.1     | 2. Eigenbereich   | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R'w                  | dB      | Ziel: Skalierte Darstellung der prozentualen Anteile aller Bürotrennwände und ihrer Schalldämmwerte in einem Standardgrundriss. Dabei wird ebenfalls wie in Nr. 1.1. ein Mittelwert über sämtliche Bürowandabwicklungen im Standardgrundriss berechnet. Es ist nicht das Ziel ein resultierenden Schalldämmwert über das gesamte Geschoss zu bilden.<br><br>Beispiele:<br>(1) 100 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R'w = 37 dB → Werteskala: Note C<br>(2) 80 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R'w = 37 dB sowie 20 % aller Bürotrennwände ein R'w = 42 dB → Werteskala: ~ C- (entspricht in der Werteskala: 80 % von B in Richtung C).<br>Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, und bleiben daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt.<br><b>Anmerkung:</b> Generell werden die Trennwände in die 3 gängigen Kategoriegruppen eingestuft. Zwischenwerte sind nicht gestattet. Zwischenwerte können im Bemerkungsblatt definiert werden.  | 45        | 100%                        | 42        |                             | 37      | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.2     |                   | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil                                    | R'w                  | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugslängen nur die Konferenz-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Konferenzebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.  | 52        | 100%                        | 45        |                             | 42      | 100%                        | In Anlehnung an DIN 4109, Beiblatt 2                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.3     |                   | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                            | R'w                  | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugslängen nur die Vorstands-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Vorstandsebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.  | 52        | 100%                        | 45        |                             | 42      | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.4     |                   | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                     | R'w                  | dB      | Ziel: Feststellung des maximal möglichen Schalldämmwertes einer Büro-Standardtrennwand unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile. → Wertstabilität des Gebäudes. Wert kann von den Istwerten in Nr. 2.1 abweichen.   | 45        | 100%                        | 42        | 100%                        | 37      | 100%                        | Anlehnung DIN 4109                                   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.5     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      | Ziel: Eingruppierung des Schalldämmwertes der Decke in eine Werteskala. Ggf. kann analog wie bei 2.1. eine Quotierung der Flächen erfolgen.  | 57        | 100%                        | 55        |                             | 52      | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5             | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>in Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 2.6     |                   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke); (vertikal)                    | L'n,w                | dB      | Nur vertikaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46        | 100%                        |           |                             | 53      | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2  |
| 2.7     |                   | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                | L'n,w,R              | dB      | Nur horizontaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 58        | 100%                        | 63        |                             | 68      | 100%                        | VDI 3762   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Empfehlung für normale Büroräume<br>Empfehlung für Büroräume mit erhöhter Vertraulichkeit  |
| 3.1     | 3. Raumakustik    | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzzone, Besprechungsräume)                                | Tsoll                | s       | Erfüllung der Nachhallzeiten nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 im 80% besetzten Zustand  | Tsoll-20% | 100%                        | Tsoll-10% | 100%                        | Tsoll   | 100%                        | DIN 18041  | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Einhaltung der entsprechend räumlichen Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2<br><br>Überschreitung der Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 um 20% im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz → Sprachverständlichkeit, Nichtmuttersprachler   |
| 3.2     |                   | Einzelbüros und Mehrpersonbüros bis 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21                      | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort, Stand Juli 2009. Sämtliche Punktzahl von unter 15 Pkten. Note: C-  | 35        | 100%                        |           |                             | 15      | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 15 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.3     |                   | Mehrpersonbüros > 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21  | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort. Nichterfüllung der A/V Verhältnisses/Tsoll: Note: C-   | 20        | 100%                        |           |                             | 0       | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 0 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.<br><br>Erreichung ≥ 15 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.4     |                   | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss) | -                    | -       | Ziel: Darstellung des Raumakustikzustages für flexible Nutzung. In der Regel wird die Raumakustik in den Büroräumen zweitrangig behandelt. Daher soll hier eine positive Bewertung erfolgen, z.B. wenn Deckensegel achsweise vorinstalliert werden. Dadurch können Räume flexibel in ihrer Nutzung gestaltet werden (Einzel- bis Großraumbüro), trotz Nutzungsänderung bleibt ein raumakustischer Komfort erhalten → Flexibilität, Wertstabilität.   | ja        | 100%                        |           | 100%                        | nein    | 100%                        | in Anlehnung der DIN 18041                           | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | keine Akustikdecken vorgesehen<br>Raumakustische Maßnahmen sind durch Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsegl etc.)<br>Vollflächige Akustikdecken oder Deckensegel angeordnet im Achsrastrer (> 60% der Bürodeckenflächen) oder Sonstiges   |
| 4.1     | 4. Schutz innen   | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu lauten Räumen, nach DIN 4109, Tab. 5   | 5         | 100%                        | 2,5       | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.   | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.2     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt.  | 5         | 100%                        | 2,5       | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.   | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.3     |                   | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L'n,w                | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!  | -5        | 100%                        | -2,5      | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.   | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>-5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 5.1     | 5. Fremd-bereiche | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu Fremdbereichen, nach DIN 4109, Tab. 3 (Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt)   | 55        | 100%                        |           | 100%                        | 53      | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 5.2     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert.  | 57        | 100%                        | 55        |                             | 54      | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>in Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 5.3     |                   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)                                    | L'n,w                | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche, der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46        | 100%                        |           |                             | 53      | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 6.1     | 6. Sondere        |  |                      |         | Frei wählbare Themen, z.B. Schalldruckpegel von Lüftungsanlagen  |           |                             |           |                             |         |                             |  |                                  |  |
| 6.2     |                   |  |                      |         |  |           |                             |           |                             |         |                             |  |                                  |  |

## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

### Inhaltsverzeichnis

| Tabelle | Kriterium   | Seite |
|---------|---|-------|
| 1       | Luftschalldämmung der Außenbauteile   | 2     |
| 2       | Schallschutz Ist-Zustand: Wände und Türen   | 2 - 3 |
| 3       | Schallschutz Ist-Zustand: Decken  | 4     |
| 4       | Raumakustik / Sonstige Lärmquellen<br>(Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche) | 5     |

## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 1: Luftschalldämmung der Außenbauteile

| Ifd. Nr. | Bauteile | Raumtyp<br>(inkl. def. Eckbüro /<br>Längsbüro) | Res. Schall-<br>schutz | Quelle | Schallschutz-<br>Anford.<br>DIN 4109,<br>Tab. 8+9 <sup>1)</sup> | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|--|------------------------|--------|---|---------|-------------|
|          |          |  | Ist-Wert               |        |   |         |             |
|          |          |  | $R'_{w, res}$          |        | erf. $R'_{w, res}$  |         |             |
|          |          |  | in dB                  |        | in dB   |         |             |

### I. Fassade

|     |   |             |                            |          |    |    |                               |
|-----|---|-------------|----------------------------|----------|----|----|-------------------------------|
| I.1 | <b>Fassade Nord</b><br>Kuppe Achsen 3-4     | Kuppe       | 42,2                       | a)<br>b) | 42 | ja |                               |
| I.2 | <b>Fassaden Ost und West</b><br>Achsen 4-12 | Längsseiten | 35,3                       | b)       | 35 | ja | Nachweis<br>identisch mit I.3 |
|     | Achsen 12-19/20                             | Längsseiten | 32,3<br>36,3 <sup>1)</sup> | b)<br>a) | 32 | ja |                               |
| I.3 | <b>Fassade Süd</b><br>Kuppe Achsen 19-20    | Kuppe       | 32,3<br>36,3 <sup>1)</sup> | a)<br>b) | 32 | ja |                               |

Tabelle 2: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |        | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|--------|--|--------|---------|-------------|
|          |                                  |                               |        | mindest  | erhöht |         |             |
|          |                                  |                               |        | erf. $R'_w$  |        |         |             |
|          |                                  |                               |        | in dB  |        |         |             |

### I. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- zu Fremdbereiche

|     |  |          |    |      |      |    |                                  |
|-----|--|----------|----|------|------|----|----------------------------------|
| I.1 | <b>Trennwände</b> zwischen fremden Arbeitsräumen   | 53       | a) | 53   | ≥ 55 | ja |                                  |
| I.2 | <b>Treppenraumwände</b> und Wände neben Hausfluren   | 52       | a) | 52   | ≥ 55 | ja | bedingt durch<br>Fassadenschwert |
| I.3 | <b>Wände</b> neben Durchfahrten, Einfahrten von<br>Sammelgaragen   | n. vorh. |    | 55   | --   | -- |                                  |
| I.4 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen in<br>Flure und Dielen führen                                   | 27       |    | 27   | ≥ 37 | ja |                                  |
| I.5 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen<br>unmittelbar in Flure von Arbeitsräumen führen. <sup>3)</sup> | n. vorh. |    | (37) | --   | -- |                                  |

Tabelle 2 ff: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schallschutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |        | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|--------------------------|--------|--|--------|---------|-------------|
|          |                                  |                          |        | mindest  | erhöht |         |             |
|          |                                  |                          |        | erf. $R'_w$  |        |         |             |
|          |                                  |                          |        | in dB  |        |         |             |
| $R'_w$   |                                  | in dB                    |        |  |        |         |             |

### II. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich<sup>4)</sup>

|      |  |                  |    |    |     |    |  |
|------|--|------------------|----|----|-----|----|--|
| II.1 | Wände zw. Büroräumen mit üblicher <u>Bürotätigkeit</u>   | 37 / 42          | c) | 37 | ≥42 | ja | 10 % erhöht                            |
| II.2 | wie vor, Bürowand zum Flur   | 37 / 42          | c) | 37 | ≥42 | ja | 10 % erhöht                            |
| II.3 | Wände von Räumen für konzentrierte Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten (z.B. Direktionszimmer) | nicht vorgesehen |    | 45 | ≥52 | -- |  |
| II.4 | wie vor, Bürowand zum Flur   | dito oben        |    | 45 | ≥52 | -- |  |
| II.5 | Wände<br>Besprechungsräume bzw.<br>Konferenzräume <sup>5)</sup>  | dito I.1         |    | 42 | ≥52 | -- | keine besondere Anforderung festgelegt |
| II.6 | wie vor, jedoch zum Flur<br>Besprechungsräume bzw.<br>Konferenzräume   | dito I.1         |    | 45 | ≥52 | -- |  |
| II.7 | Türen in Wänden mit üblicher Bürotätigkeit   | 27 / 32          |    | 27 | ≥32 | ja | 10 % erhöht                            |
| II.8 | Türen in Wänden mit konzentrierter Bürotätigkeit   | --               |    | 37 | --  | -- |  |
| II.9 | Türen in Wänden von<br>Besprechungsräume bzw. Konferenzräume <sup>5)</sup>   | --               |    | 37 | --  | -- |  |

### III. Wände zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen<sup>7)</sup>

|       |  |                 |  |    |    |    |  |
|-------|--|-----------------|--|----|----|----|--|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>$L_{AF} = 75$ bis $80$ dB (A) <sup>6)</sup> | nicht vorhanden |  | 57 | -- | -- |  |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>$L_{AF} = 81$ bis $85$ dB (A) <sup>6)</sup>  | nicht vorhanden |  | 62 | -- | -- |  |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.  | nicht vorhanden |  | 55 | -- | -- |  |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb  | nicht vorhanden |  | 57 | -- | -- |  |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb   | n. vorh.        |  | -- | -- | -- |  |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel $L_{AF} \leq 85$ dB (A) <sup>6)</sup> , auch nach 22.00 Uhr in Betrieb  | nicht vorhanden |  | 62 | -- | -- |  |

## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 3: Schallschutzwert Ist-Zustand: Decken

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert<br>Ist-Wert |                                | Quelle | normale (erhöhte)<br>Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |                                | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|---|--------------------------------|--------|---|--------------------------------|---------|-------------|
|          |                                  | Luft-<br>schall                           | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |        | Luft-<br>schall   | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |         |             |
|          |                                  | R' <sub>w</sub>                           | L' <sub>n,w</sub>              |        | erf. R' <sub>w</sub>  | erf. L' <sub>n,w</sub>         |         |             |
|          |                                  | in dB                                     |                                |        | in dB   |                                |         |             |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) ---zu Fremdbereiche

|     |  |                     |          |          |            |            |    |                                     |
|-----|--|---------------------|----------|----------|------------|------------|----|-------------------------------------|
| I.1 | Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten                  | 59 <sup>11)</sup>   | < 50     | a)<br>d) | 54 ( ≥ 55) | 53 ( ≤ 46) | ja | 28 cm Deckenstärke<br>TS ohne Belag |
| I.2 | Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen | 62 <sup>11)</sup>   | < 50     | a)<br>d) | 55 (-)     | 53 ( ≤ 46) | ja |                                     |
| I.3 | Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen                                    | n. vorh.            | n. vorh. |          | --         | 53 ( ≤ 46) | -- |                                     |
| I.4 | Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung   | > 59 <sup>11)</sup> | < 46     | a)       | 54 ( ≥ 55) | 53 ( ≤ 46) | ja | diagonal über Flur                  |
| I.5 | Decken unter Hausfluren  | n. vorh.            | n. vorh. |          | --         | 53 ( ≤ 46) | -- |                                     |
| I.6 | Treppenläufe und -podeste  | --                  | 58       | a)       | --         | 58 ( ≤ 46) | ja | entkoppelt                          |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich <sup>4)</sup>

|      |  |                   |      |  |            |                          |    |  |
|------|--|-------------------|------|--|------------|--------------------------|----|--|
| II.1 | Decken, Treppen, Decken von Fluren und Treppenraumwänden | 59 <sup>11)</sup> | < 50 |  | 52 ( ≥ 55) | 55 ( ≤ 46) <sup>9)</sup> | ja |  |
|------|--|-------------------|------|--|------------|--------------------------|----|--|

### Decken zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen <sup>7)</sup>

|       |   |  |                 |  |    |                   |    |        |
|-------|---|--|-----------------|--|----|-------------------|----|--------|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>L <sub>AF</sub> = 75 bis 80 dB (A) <sup>6)</sup> | nicht vorhanden<br>( > 59 <sup>11)</sup> ) | nicht vorhanden |  | 57 | 43 <sup>10)</sup> | -- | (Dach) |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> = 81 bis 85 dB (A) <sup>6)</sup>  | nicht vorhanden                            | nicht vorhanden |  | 62 | 43 <sup>10)</sup> | -- |        |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.   | nicht vorhanden                            | nicht vorhanden |  | 55 | 43                | -- |        |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb   | nicht vorhanden                            | nicht vorhanden |  | 57 | 33                | -- |        |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb  | ---  | n. vorh.        |  | -- | 43                | -- |        |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> ≤ 85 dB (A) <sup>6)</sup> ,<br>auch nach 22.00 Uhr in Betrieb   | nicht vorhanden                            | nicht vorhanden |  | 62 | 33                | -- |        |



## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 4: Raumakustik / Sonstige Lärmquellen (Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche)

| Ifd. Nr. | Bauteile | Ist-Wert |                    | Quelle | Anforderung<br><sup>11), 12)</sup>    | Zustand (Belegung) | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|----------|--------------------|--------|---------------------------------------|--------------------|---------|-------------|
|          |          | T        | A/V                |        | Tsoll<br>/<br>(A/V)<br>$\alpha_w$     |                    |         |             |
|          |          | in s     | in m <sup>-1</sup> |        | in s /<br>in m <sup>-1</sup> /<br>- / |                    |         |             |

### I. Raumakustik

|   |  |                               |             |    |                                       |                             |    |   |          |
|---|--|-------------------------------|-------------|----|---------------------------------------|-----------------------------|----|---|----------|
| I.1   | <b>Einzel- und Mehrpersonbüros</b><br>bis zur Fläche von 40 m <sup>2</sup> (DIN 18041, Gruppe B) | 1,4<br>i.M.                   | --          |    | ~ 1,0<br>s <sup>12)</sup>             | unmöbl.<br>11), 12)         | n  |   |          |
| I.2   | <b>Mehrpersonbüros</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche<br>(DIN 18041, Gruppe B)                  | 1,45-<br>1,6<br>(EG)<br>i. M. | --          |    | ~ 1,0 s <sup>12)</sup>                | unmöbl.<br>11), 12)         | n  | Möblierung<br>enthält zusätzl.<br>Absorpt.maßn. |          |
| <u>Beschreibung akustische Maßnahmen der Büroräume:</u>   |  |                               |             |    |                                       |                             |    | ja  | nein     |
| a) keine akustischen Maßnahmen  |  |                               |             |    |                                       |                             |    | <b>x</b>  |          |
| b) Raumakustische Maßnahmen mit Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsegel etc.)   |  |                               |             |    |                                       |                             |    |   | <b>x</b> |
| c) flächige Akustikdecken / Deckensegel angeordnet im Achsraster (> 60% der Bürodeckenflächen)) |  |                               |             |    |                                       |                             |    |   | <b>x</b> |
| I.3   | <b>Besprechungsräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)   | 0,8 s<br>i.M.                 | --          | a) | 0,61 s<br>± 20%<br><sup>11)</sup>     | 80 %<br><sup>11), 12)</sup> |    | 500 Hz: T=0,9 s                                 |          |
| I.4   | <b>Konferenzräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)  | n.<br>vorh.                   | n.<br>vorh. |    | --                                    | 80 %<br><sup>11), 12)</sup> | -- |   |          |
| I.5   | <b>Empfangszone</b><br>(DIN 18041, Gruppe B)   | liegt nicht vor               |             |    | $\alpha_w$<br>= 0,7<br><sup>11)</sup> | 30 %<br>leer                | -- | Anf. :DIN 18041                                 |          |
| I.6   | <b>Kantinen</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche (DIN 18041, Gruppe B)                            | n. vorh.                      | n. vorh.    |    | --                                    | 50% <sup>12)</sup>          | -- |   |          |

### II. Sonstige Lärmeinwirkungen

|      |   |                        |      |
|------|---|------------------------|------|
| II.1 | <u>Beschreibung Anordnung Aufzugsanlagen</u>  | ja                     | nein |
|      | a) Wand- und Deckenstärken sind entsprechend VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup><br>→ <b>Ist-Situation:</b> zw. schutzbedürftigem Räume und Aufzugsanlage befinden sich andere Räume | <b>x</b>               |      |
|      | b) Körperschallkoppelungen sind entspr. VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup>  | <b>x</b>               |      |
| II.2 | <u>Beschreibung möglicher Störungen durch Installationsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)</u>  | ja                     | nein |
|      | b) Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche L <sub>in</sub> = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen<br>(Vorstände, Rechtsanwaltspraxen etc.) <sup>13)</sup>   | <b>x<sup>IV)</sup></b> |      |
| II.3 | <u>Beschreibung möglicher Störungen durch Lüftungsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)</u>   | ja                     | nein |
|      | c) Einhaltung des max. Schalldruckpegels der Lüftungstechnischen Anlagen von L <sub>AF</sub> = 30 ... 35 dB (A)   | <b>nicht vorh.</b>     |      |

## Anlage 2: Z-Zwo – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

|  |
|--|
| nach Empfehlung von <sup>13)</sup> → $\Delta$ 5 dB (A) geringer als nach DIN 4109 ( $L_{AF} = 35-40$ dB (A)) gefordert <sup>1)</sup> |
|--|

### Legende:

- 1) DIN 4109: Hochbau im Schallschutz; Anforderungen und Nachweise, 1989-11
- 2) DIN 4109, Beiblatt 2: Hochbau im Schallschutz, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, 1989-11
- 3) analog Wohnräumen nach DIN 4109, Tab. 3
- 4) **Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz in Eigenbereichen** (innerhalb einer Mieteinheit) sind keine baurechtlichen Anforderung und müssen ausdrücklich mit dem Bauherrn vereinbart sein
- 5) Für **Konferenzräume** liegen baurechtlich keine spez. Anforderung vor, in der Regel 52 dB
- 6)  $L_{AF}$  = Schalldruckpegel
- 7) **Schutzbedürftige Räume:** z.B. Wohnräume, Schlafräume Unterrichtsräume, Büroräume (ausgenommen Großraumbüro), Praxisräume  
**besonders laute Räume:** z.B: haustechnische Anlagen und Verkaufsstätten mit  $L_{AF} \geq 75$  dB (A), Gasträume, Kegelbahnen Küchenräume (außer Kleinküchen, Aufbereitungsküchen), Theaterräume, Musik- und Werkräume, Müllabwurfanlagen, zentrale Staubsauganlagen)
- 8) Anforderung an Trittschallschutz in waagrechter, schräger oder senkrechter Richtung
- 9) Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweises des Trittschallschutzes angerechnet werden.
- 10) Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen erforderlich – s. DIN 4109, Beiblatt 2. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigeres erf. notwendig ein, dies ist im Einzelfall zu überprüfen.
- 11) DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004-05
- 12) Deutsches Siegel für Nachhaltiges Bauen: Kriteriensteckbrief 21: Akustischer Komfort, Version 2009 (Stand Juni 2009)
- 13) Elmar Sälzer, Allgemeine anerkannte Regeln des Schallschutzes in Verwaltungsgebäuden, Weimarer Bauphysiktag 2005
- 14) VDI 2566 E, Blatt 1: Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum, 2001-12
- 15) VDI 2566, Blatt 2: Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum, 2004-05

### Quellen:

- a) Rechnerische Nachweisführung, Ed. Züblin AG
- b) Lärmschutznachweis: Schallschutz gegen Außenlärm, Ingenieurgesellschaft BBI, 2001-04-09
- c) Schallschutzmessungen, Ingenieurgesellschaft BBI, 2002-10-30
- d) Schallschutzmessungen, EGS - Plan, siehe Anlage 1 des Berichts

### Kommentare:

- I) mit Berücksichtigung der Fenster von 35 dB im eingebauten Zustand (SSK III, unten)
- II) in Anlehnung nach DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 12, Sp. 3 mit Hohlraumboden, Decke 28 cm stark
- III) dito II), jedoch mit abgehängter Decke bzw. schwimmendem Estrich
- IV) Toilettenanlagen in Kernzone von Büroeinheiten abgekoppelt, keine Störung

### Anlage 3: Z-Zwo – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

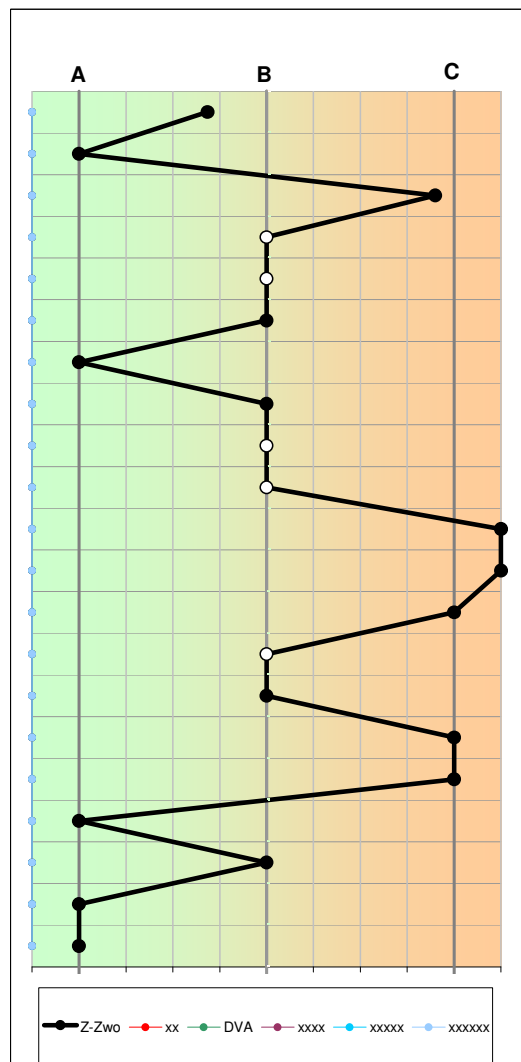
REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-10/Ed. Züblin AG

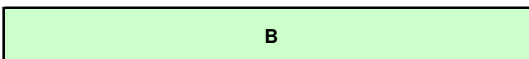
|                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| BV:               | Z-Zwo           |
| Standardgrundriss | Obergeschoss 3  |
| Konferenzebene    | nicht vorhanden |
| Vorstandsebene    | nicht vorhanden |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Schallschutz |
|-----------------------------------|--------------|

| Id. Nr. | Hauptkategorie                | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |
|---------|-------------------------------|---|----------------------|-------------------|
| 1.1     | 1. Außenraum                  | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                                   | $\Delta R'_{w,RES}$  | 1 (1)             |
| 1.2     |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)   | -                    | 1 (1)             |
| 2.1     | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)   | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 2.2     |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil   | $R'_w$               | (1)               |
| 2.3     |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                                       | $R'_w$               | (1)               |
| 2.4     |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                                | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 2.5     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 2.6     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke); (vertikal)                               | $L'_{n,w}$           | 1 (1)             |
| 2.7     |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                           | $L'_{n,w,R}$         | (1)               |
| 3.1     | 3. Raumakustik                | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzebene, Besprechungsräume)  | $T_{soll}$           | (1)               |
| 3.2     |                               | Einzelbüros und Mehrpersonenbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                   | DGNB Pkte            | 1 (1)             |
| 3.3     |                               | Mehrpersonenbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                     | DGNB Pkte            | 1 (1)             |
| 3.4     |                               | Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)   | -                    | 1 (1)             |
| 4.1     | 4. Schutz gegen lauten Räumen | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | (1)               |
| 4.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 4.3     |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall  | $L'_{n,w}$           | 1 (1)             |
| 5.1     | 5. Fremdbereiche              | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 5.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1 (1)             |
| 5.3     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)   | $L'_{n,w}$           | 1 (1)             |
| 6.1     | 6.Sonderbereiche              | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut  | -                    | 1 (2)             |
| 6.2     |                               | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche $L_{w1} = 30$ dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | $L_{in}$             | 1 (2)             |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren   | 16 |
| Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren | 11 |
| Gesamtbewertung Bewertungsnote        |    |
| Nullmessung - - mit Gewichtungsfaktor |    |



47%

1) Pflichtbewertungen, falls Bewertung auf Null gesetzt, dann nicht im Projekt bewertbar  
2) Ergänzungsmöglichkeit nach Erfordernis

**Projektspezifische Angaben**

In den Großraumbüros sind Absorptionsmaßnahmen in den Möblierungen vorgesehen. Lt. DGNB nicht dazuzählbar (Nr. 3.3).

## Anlage 3: Z-Zwo – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-10/Ed. Züblin AG

BV:

Z-Zwo

|                                 |             |
|---------------------------------|-------------|
| Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU | Bemerkungen |
|---------------------------------|-------------|

| lfd. Nr. | Haupt-Kategorie   | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Einheit | Bemerkungen zur Bewertung des Projekts   |
|----------|---|--|----------------------|---------|--|
| 1.1      | Außenlärm   | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                              | $\Delta R'_{w, res}$ | dB      | Schalldämmwerte Fensterelemente mind. 35 dB, eingebaut                                     |
| 1.2      |   | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)  | -                    | -       | -  |
| 2.1      | 2. Eigenbereich   | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R'w                  | dB      |  |
| 2.2      |   | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG)<br>→ Standortvorteil                                       | R'w                  | dB      | liegt nicht vor  |
| 2.3      |   | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG)<br>→ Standortvorteil                               | R'w                  | dB      | liegt nicht vor  |
| 2.4      |   | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                           | R'w                  | dB      | Schalllängsleitung Fassade und Hobo, abgeschätzt aus Messungen von BBI und üblichen Werten |
| 2.5      |   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      | abgeleitet aus Messergebnissen von EGS (m.Teppich), evtl. sogar eine Stufe höher           |
| 2.6      |   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke) ; (vertikal)                         | L'n,w                | dB      |  |
| 2.7      | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal) | L'n,f,w,R  | dB                   |         |  |
| 3.1      | 3. Raumakustik  | Gruppe A (DIN 18041)<br>(Konferenzzebene, Besprechungsräume)                                 | Tsoll                | s       | liegt nicht vor  |
| 3.2      |   | Einzelbüros und Mehrpersonenbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21              | DGNB Pkte            | Pkte    |  |
| 3.3      |   | Mehrpersonenbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                | DGNB Pkte            | Pkte    |  |
| 3.4      |   | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)       | -                    | -       |  |
| 4.1      | 5. Schutz gegen lauten Räumen   | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB      | liegt nicht vor  |
| 4.2      |   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      |  |
| 4.3      |   | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L'n,w                | dB      |  |
| 5.1      | 6. Fremdbereiche  | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB      | liegt zwar zur Zeit nicht vor, jedoch technisch machbar und vorgesehen                     |
| 5.2      |   | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB      | liegt zwar zur Zeit nicht vor, jedoch technisch machbar und vorgesehen                     |
| 5.3      |   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)  | L'n,w                | dB      | liegt zwar zur Zeit nicht vor, jedoch technisch machbar und vorgesehen                     |
| 6.1      | 7. Sonderber.   | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut   | -                    |         | Aufzugsschächte und Anlagen wurden nach VDI 2566 gebaut                                    |
| 6.2      |   | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche Lln = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | Lln                  |         |  |

**Anlage 4:** *Z-Zwo – Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien*

*zu Bericht:2B.3.6.3.0*

Anlage enthält **1** Seite

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

06. Juli 2009 / Ed. Züblin AG

A+: **Übererfüllung:** z.B. sämtliche Bürotrennwände erreichen einen Ist-Schalldämmwert von 52 dB. Dieser Wert ist bei massiver Bauweise technisch machbar, aber bei flexibler Nutzungsgestaltung eines Grundrisses (Hohlraumboden, Fassadenanschlüsse) bei einem Standardgebäude unüblich. Daher wird die Note A bereits bei einem Schalldämmwert von 45 dB erreicht, darüberhinaus liegende Werte werden mit A+ gekennzeichnet

C-: **Überschreitung:** z.B. einer baurechtlichen Norm (=Note: C)

Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Ist-Nr. | Hauptkategorie                | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Einheit | Festlegung der Bewertung   | A                      | mind. % aller Bezugsflächen | B                      | mind. % aller Bezugsflächen | C                 | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge  | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|---------|-------------------------------|--|----------------------|---------|--|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|--|
|         |                               |  |                      |         |  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |
| 1.1     | Außenraum                     | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                        | ΔR <sub>w, res</sub> | dB      | Ziel ist die skalierte Darstellung des mittleren Differenzbetrags zwischen der Mindestanforderung nach DIN 4109 und dem vorliegenden Ist-Schalldämmwert der Fassade. Die Skalierung stellt keine Bildung eines resultierenden Gesamtschalldämmwertes über die Gebäudehülle dar. Zuerst werden sämtliche unterschiedlichen Fassadenschalldämmwerte am Gebäude kategorisiert und die Δ Beträge zum jeweiligen Sollwert ermittelt. Aus der mittleren Abweichung zum Sollwert wird die Note abgeleitet.<br><br>Zur Vermeidung von Verfälschungen darf pro Fassadenkategorie max. eine positive Abweichung von Δ 3 dB in o.g. Berechnung berücksichtigt werden.<br>Bsp: Sollwert: 32 dB, Ist-Wert: 37 dB → Differenzbetrag: 37 - 32 dB = Δ 5 dB > Δ 3 dB → d.h. erlaubte, ansetzbare Abweichung: Δ 3 dB. Dadurch sollen unrealistische Kompensationen einer ungünstigen Fassadenseite mit geringer Abweichung zum Sollwert durch eine günstige Fassadenseite mit hoher Abweichung zum Sollwert wermieden werden.<br><br>Werden die baurechtlichen Anforderungen nach DIN 4109 unterschritten, so erfolgt eine pauschalierte Bewertung von -125%, d.h. C-. | 3                      | 100%                        | 1.5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Baurechtliche Mindestanforderungen nach DIN 4109<br><br>aus wirtschaftlichen und praxistauglichen Gründen niedrigere Werte angesetzt als nach Sb des DGNB, Höhere Anforderung an Schalldämmwert der Fassade führt nicht automatisch zur Verbesserung des Innenpegels, da die Innengeräuspegel durch Eigengeräusche der Nutzer mitbeeinflusst werden. |
| 1.2     |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)                                      | -                    | -       | Prozentualer Flächenanteil mit/ohne manueller Be- und Entlüftung zur festgelegten Bezugsfläche.<br><br>In die Bezugsfläche fließen nur Büroflächen und kleine Besprechungsräume ein. Räume mit mechan. Be- und Entlüftung, die bereits aus aus hygienischen Gründen erforderlich sind, werden ausgeschlossen (z.B. Konferenzräume, Toiletten) sowie Verkehrsflächen.   | manuell                | 100%                        |                        |                             | manuell           | 0%                          | In Anlehnung der VDI 2719                            | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mechanische Be- und Entlüftung (mögliche Gründe: Außenlärm, Großraumbüros nach AStätt)<br><br>manuelle Be- und Entlüftung generell mit gekippten Fenstern oder Stoßlüftung möglich.  |
| 2.1     | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Skalierte Darstellung der prozentualen Anteile aller Bürotrennwände und ihrer Schalldämmwerte in einem Standardgrundriss. Dabei wird ebenfalls wie in Nr. 1.1. ein Mittelwert über sämtliche Bürowandabwicklungen im Standardgrundriss berechnet. Es ist nicht das Ziel ein resultierenden Schalldämmwert über das gesamte Geschoss zu bilden.<br><br>Beispiele:<br>(1) 100 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R <sub>w</sub> = 37 dB → Werteskala: Note C<br>(2) 80 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R <sub>w</sub> = 37 dB sowie 20 % aller Bürotrennwände ein R <sub>w</sub> = 42 dB > Werteskala: ~ C- (entspricht in der Werteskala: 80 % von B in Richtung C). Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, und bleiben daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt.<br><b>Anmerkung:</b> Generell werden die Trennwände in die 3 gängigen Kategoriegruppen eingestuft. Zwischenwerte sind nicht gestattet. Zwischenwerte können im Bemerkungsblatt definiert werden.  | 45                     | 100%                        | 42                     |                             | 37                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.2     |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil                                    | R <sub>w</sub>       | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugsflächen nur die Konferenz-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Konferenzebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.   | 52                     | 100%                        | 45                     |                             | 42                | 100%                        | In Anlehnung an DIN 4109, Beiblatt 2                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.3     |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                            | R <sub>w</sub>       | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugsflächen nur die Vorstands-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Vorstandsebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.   | 52                     | 100%                        | 45                     |                             | 42                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.4     |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                     | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Feststellung des maximal möglichen Schalldämmwertes einer Büro-Standardtrennwand unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile. → Wertstabilität des Gebäudes. Wert kann von den Istwerten in Nr. 2.1 abweichen.   | 45                     | 100%                        | 42                     | 100%                        | 37                | 100%                        | Anlehnung DIN 4109                                   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.5     |                               | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Eingruppierung des Schalldämmwertes der Decke in eine Werteskala. Ggf. kann analog wie bei 2.1. eine Quotierung der Flächen erfolgen.  | 57                     | 100%                        | 55                     |                             | 52                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5             | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>In Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 2.6     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke); (vertikal)                    | L <sub>n,w</sub>     | dB      | Nur vertikaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46                     | 100%                        |                        |                             | 53                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2  |
| 2.7     |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                | L <sub>n,1,w,R</sub> | dB      | Nur horizontaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 58                     | 100%                        | 63                     |                             | 68                | 100%                        | VDI 3762   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Empfehlung für normale Büroräume<br>Empfehlung für Büroräume mit erhöhter Vertraulichkeit  |
| 3.1     | 3. Raumakustik                | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzräume, Besprechungsräume)                               | T <sub>soll</sub>    | s       | Erfüllung der Nachhallzeiten nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 im 80% besetzten Zustand  | T <sub>soll</sub> -20% | 100%                        | T <sub>soll</sub> -10% | 100%                        | T <sub>soll</sub> | 100%                        | DIN 18041  | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Einhaltung der entsprechend räumlichen Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2<br><br>Überschreitung der Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 um 20% im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz → Sprachverständlichkeit, Nichtmuttersprachler   |
| 3.2     |                               | Einzelbüros und Mehrpersonbüros bis 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21                      | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort, Stand Juli 2009. Sämtliche Punktzahl von unter 15 Pkten. Note: C-  | 35                     | 100%                        |                        |                             | 15                | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 15 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.3     |                               | Mehrpersonbüros > 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21  | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort. Nichterfüllung der A/V Verhältnisses/Tsoll: Note: C-   | 20                     | 100%                        |                        |                             | 0                 | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 35 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.4     |                               | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss) | -                    | -       | Ziel: Darstellung der Raumakustikziele für flexible Nutzung. In der Regel wird die Raumakustik in den Büroräumen zweitrangig behandelt. Daher soll hier eine positive Bewertung erfolgen, z.B. wenn Deckensegel achsweise vorinstalliert werden. Dadurch können Räume flexibel in ihrer Nutzung gestaltet werden (Einzel- bis Großraumbüro), trotz Nutzungsänderung bleibt ein raumakustischer Komfort erhalten → Flexibilität, Wertstabilität.  | ja                     | 100%                        |                        | 100%                        | nein              | 100%                        | In Anlehnung der DIN 18041                           | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | keine Akustikdecken vorgesehen<br>Raumakustische Maßnahmen sind durch Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsiegel etc.)<br>Vollflächige Akustikdecken oder Deckensegel angeordnet im Achsrastrer (> 60% der Bürodeckenflächen) oder Sonstiges   |
| 4.1     | 4. Schallenergie im Innenraum | Wand, Luftschallschutz   | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu lauten Räumen, nach DIN 4109, Tab. 5   | 5                      | 100%                        | 2,5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.2     |                               | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt.  | 5                      | 100%                        | 2,5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.3     |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L <sub>n,w</sub>     | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!  | -5                     | 100%                        | -2,5                   | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br>-5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 5.1     | 5. Fremd-bereiche             | Wand, Luftschallschutz   | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu Fremdbereichen, nach DIN 4109, Tab. 3 (Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt)   | 55                     | 100%                        |                        | 100%                        | 53                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 5.2     |                               | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert.  | 57                     | 100%                        | 55                     |                             | 54                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>In Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 5.3     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)                                    | L <sub>n,w</sub>     | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche, der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46                     | 100%                        |                        |                             | 53                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 6.1     | 6. Sondere-bereiche           | Frei wählbare Themen, z.B. Schalldruckpegel von Lüftungsanlagen                        |                      |         |  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |
| 6.2     |                               |  |                      |         |  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |

## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

### Inhaltsverzeichnis

| Tabelle | Kriterium   | Seite |
|---------|---|-------|
| 1       | Luftschalldämmung der Außenbauteile   | 2     |
| 2       | Schallschutz Ist-Zustand: Wände und Türen   | 2 - 3 |
| 3       | Schallschutz Ist-Zustand: Decken  | 4     |
| 4       | Raumakustik / Sonstige Lärmquellen<br>(Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche) | 5     |

## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 1: Luftschalldämmung der Außenbauteile

| Ifd. Nr. | Bauteile | Raumtyp<br>(inkl. def. Eckbüro /<br>Längsbüro) | Res. Schall-<br>schutz | Quelle | Schallschutz-<br>Anford.<br>DIN 4109,<br>Tab. 8+9 <sup>1)</sup> | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|--|------------------------|--------|---|---------|-------------|
|          |          |  | Ist-Wert               |        |   |         |             |
|          |          |  | $R'_{w, res}$          |        | erf. $R'_{w, res}$  |         |             |
|          |          |  | in dB                  |        | in dB   |         |             |

### I. Fassade

|     |   |                                      |                |               |                |    |  |
|-----|---|--------------------------------------|----------------|---------------|----------------|----|--|
| I.1 | <b>Fassade Nord</b><br>Erdgeschoss bis Obergeschosse                              | Längsseite                           | 38             | a)<br>+<br>b) | 30             | ja | Hofseite,<br>Lochfassade                               |
| I.2 | <b>Fassade Ost</b><br>-   |                                      |                |               |                |    |  |
| I.3 | <b>Fassade Süd</b><br>EG bis 3. Obergeschoss<br>1.Obergeschoss<br>4. Obergeschoss | Längsseite<br>Ecke S/O<br>Längsseite | 40<br>48<br>37 | a)<br>+<br>b) | 39<br>48<br>34 | ja | Straßenseite<br>Lüftungen lt. VDI<br>2791 erforderlich |
| I.4 | <b>Fassade West</b><br>-  |                                      |                |               |                |    |  |

Tabelle 2: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |        | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|-------------------------------|--------|--|--------|---------|-------------|
|          |                                  |                               |        | mindest  | erhöht |         |             |
|          |                                  | $R'_w$                        |        | erf. $R'_w$  |        |         |             |
|          |                                  | in dB                         |        | in dB  |        |         |             |

### I. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- zu Fremdbereiche

|     |  |                    |    |      |      |    |                   |
|-----|--|--------------------|----|------|------|----|-------------------|
| I.1 | <b>Trennwände</b> zwischen fremden Arbeitsräumen   | 53                 |    | 53   | ≥ 55 | -- | Achse 8, W115, TF |
| I.2 | <b>Treppenraumwände</b> und Wände neben Hausfluren   | 52                 | c) | 52   | ≥ 55 | ja |                   |
| I.3 | <b>Wände</b> neben Durchfahrten, Einfahrten von<br>Sammelgaragen   | nicht<br>vorhanden |    | 55   | --   | -- |                   |
| I.4 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen in<br>Flure und Dielen führen                                   | 27                 | c) | 27   | ≥ 37 | ja |                   |
| I.5 | <b>Türen</b> , die von Hausfluren oder Treppenräumen<br>unmittelbar in Flure von Arbeitsräumen führen. <sup>3)</sup> | nicht<br>vorhanden | c) | (37) | --   | -- |                   |



## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 2 ff: Schallschutzwert Ist-Zustand: Wände und Türen

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schallschutz<br>Ist-Wert | Quelle | Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |        | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|--------------------------|--------|--|--------|---------|-------------|
|          |                                  |                          |        | mindest  | erhöht |         |             |
|          |                                  |                          |        | erf. $R'_w$  |        |         |             |
|          |                                  |                          |        | in dB  |        |         |             |
| $R'_w$   |                                  | in dB                    |        |  |        |         |             |

### II. Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich<sup>4)</sup>

|      |  |               |    |    |     |      |                        |
|------|--|---------------|----|----|-----|------|------------------------|
| II.1 | Wände zw. Büroräumen mit üblicher <u>Bürotätigkeit</u>   | 40            | a) | 37 | ≥42 | ja   | lt. LV: W112           |
| II.2 | wie vor, Bürowand zum Flur   | 39            | a) | 37 | ≥42 | ja   |                        |
| II.3 | Wände von Räumen für konzentrierte Tätigkeit oder zur Behandlung vertraulicher Angelegenheiten (z.B. Direktionszimmer) | nicht geplant | a) | 45 | ≥52 | --   |                        |
| II.4 | wie vor, Bürowand zum Flur   | n. geplant    |    | 45 | ≥52 | --   |                        |
| II.5 | Wände<br>Besprechungsräume bzw.<br>Konferenzräume <sup>5)</sup>  | 40            | a) | 42 | ≥52 | (ja) | keine<br>Sonderebene   |
| II.6 | wie vor, jedoch zum Flur<br>Besprechungsräume bzw.<br>Konferenzräume   | 39            | a) | 45 | ≥52 | (ja) |                        |
| II.7 | Türen in Wänden mit üblicher Bürotätigkeit   | 27            | a) | 27 | ≥32 | ja   |                        |
| II.8 | Türen in Wänden mit konzentrierter Bürotätigkeit   | n. geplant    |    | 37 | --  | --   |                        |
| II.9 | Türen in Wänden von<br>Besprechungsräume bzw. Konferenzräume <sup>5)</sup>   | 32            | a) | 37 | --  | (ja) | Besprechungs-<br>räume |

### III. Wände zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen<sup>7)</sup>

|       |  |                 |  |    |    |    |  |
|-------|--|-----------------|--|----|----|----|--|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>$L_{AF} = 75$ bis $80$ dB (A) <sup>6)</sup> | nicht vorhanden |  | 57 | -- | -- |  |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>$L_{AF} = 81$ bis $85$ dB (A) <sup>6)</sup>  | nicht vorhanden |  | 62 | -- | -- |  |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.  | nicht vorhanden |  | 55 | -- | -- |  |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb  | nicht vorhanden |  | 57 | -- | -- |  |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb   | n. vorh.        |  | -- | -- | -- |  |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel $L_{AF} \leq 85$ dB (A) <sup>6)</sup> , auch nach 22.00 Uhr in Betrieb  | nicht vorhanden |  | 62 | -- | -- |  |

## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

Tabelle 3: Schallschutzwert Ist-Zustand: Decken

| Ifd. Nr. | Bauteile<br>(Basistext DIN 4109) | Schall-<br>schutz<br>Ist-Wert<br>Ist-Wert |                                | Quelle | normale (erhöhte)<br>Schallschutz-<br>Anforderungen<br>DIN 4109 <sup>1), 2)</sup> |                                | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------------------------------|---|--------------------------------|--------|---|--------------------------------|---------|-------------|
|          |                                  | Luft-<br>schall                           | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |        | Luft-<br>schall   | Tritt-<br>schall <sup>8)</sup> |         |             |
|          |                                  | R' <sub>w</sub>                           | L' <sub>n,w</sub>              |        | erf. R' <sub>w</sub>  | erf. L' <sub>n,w</sub>         |         |             |
|          |                                  | in dB                                     |                                |        | in dB   |                                |         |             |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) ---zu Fremdbereiche

|     |  |                 |                 |    |           |           |    |                                       |
|-----|--|-----------------|-----------------|----|-----------|-----------|----|---------------------------------------|
| I.1 | Decken zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten                  | ~ 50            | ~ 57            | c) | 54 (≥ 55) | 53 (≤ 46) | n  | Bestand + leichte Decke <sup>1)</sup> |
| I.2 | Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen | nicht vorhanden | nicht vorhanden |    | 55 (-)    | 53 (≤ 46) | -- |                                       |
| I.3 | Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen                                    | --              | nicht vorhanden |    | --        | 53 (≤ 46) | -- |                                       |
| I.4 | Decken unter Bad und WC ohne/mit Bodenentwässerung   | nicht erf.      | 52              | c) | 54 (≥ 55) | 53 (≤ 46) | ja | waagrecht und diagonal Toiletten      |
| I.5 | Decken unter Hausfluren  | --              | 52              | c) | --        | 53 (≤ 46) | ja | waagrecht                             |
| I.6 | Treppenläufe und -podeste  | --              | 52              | c) | --        | 58 (≤ 46) | ja | Treppenpodest                         |

### Geschosshäuser mit Arbeitsräumen (Büros) --- im Eigenbereich <sup>4)</sup>

|      |  |      |      |    |           |                         |    |                 |
|------|--|------|------|----|-----------|-------------------------|----|-----------------|
| II.1 | Decken, Treppen, Decken von Fluren und Treppenraumwänden | ~ 55 | ~ 53 | c) | 52 (≥ 53) | 55 (≤ 46) <sup>9)</sup> | ja | falls 1 Einheit |
|------|--|------|------|----|-----------|-------------------------|----|-----------------|

### Decken zwischen „besonders lauten“ und „schutzbedürftigen“ Räumen <sup>7)</sup>

|       |   |                 |                 |    |    |                   |    |   |
|-------|---|-----------------|-----------------|----|----|-------------------|----|---|
| III.1 | In Räumen von besonders lauten haustechnischen Anlagen<br>Schalldruckpegel / Betriebsräume von Handwerks- und Gewerbebetrieben, Verkaufsstätten<br>L <sub>AF</sub> = 75 bis 80 dB (A) <sup>6)</sup> | 57<br>zus. Kies | KS<br>gedämpft  | a) | 57 | 43 <sup>10)</sup> | ja | Körperschall<br>Technikzentrale<br>nicht abschätzbar<br>→ bedingt durch leichte Decken ungünstig! |
| III.2 | wie vor, jedoch Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> = 81 bis 85 dB (A) <sup>6)</sup>  | nicht vorhanden | nicht vorhanden |    | 62 | 43 <sup>10)</sup> | -- |   |
| III.3 | Küchenräume der Küchenanlagen von Beherbergungsstätten (Hotels), Krankenhäusern, Sanatorien, Gaststätten, Imbissstuben usw.   | nicht vorhanden | nicht vorhanden |    | 55 | 43                | -- |   |
| III.4 | Küchenräume wie vor, jedoch auch nach 22 Uhr in Betrieb   | nicht vorhanden | nicht vorhanden |    | 57 | 33                | -- |   |
| III.5 | Gasträume, nur bis 22 Uhr in Betrieb  | ---             | n. vorh.        |    | -- | 43                | -- |   |
| III.6 | Gasträume (max. Schalldruckpegel<br>L <sub>AF</sub> ≤ 85 dB (A) <sup>6)</sup> ,<br>auch nach 22.00 Uhr in Betrieb   | nicht vorhanden | n. vorh.        |    | 62 | 33                | -- |   |

## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

|  |  |                 |  |  |  |  |  |
|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|
|  |  | nicht vorhanden |  |  |  |  |  |
|--|--|-----------------|--|--|--|--|--|

Tabelle 4: Raumakustik / Sonstige Lärmquellen (Aufzug, Lüftungsanlagen, Installationsgeräusche)

| lfd. Nr. | Bauteile | Ist-Wert |                    | Quelle | Anforderung <sup>11), 12)</sup>       |                      | Zustand (Belegung) | erfüllt | Bemerkungen |
|----------|----------|----------|--------------------|--------|---------------------------------------|----------------------|--------------------|---------|-------------|
|          |          | T        | A/V                |        | Tsoll                                 | (A/V)/<br>$\alpha_w$ |                    |         |             |
|          |          | in s     | in m <sup>-1</sup> |        | in s /<br>in m <sup>-1</sup> /<br>- / |                      |                    |         |             |

### I. Raumakustik

|  |  |  |             |    |                                    |                             |    |                                     |      |
|--|--|--|-------------|----|------------------------------------|-----------------------------|----|-------------------------------------|------|
| I.1  | <b>Einzel- und Mehrpersonbüros</b><br>bis zur Fläche von 40 m <sup>2</sup> (DIN 18041, Gruppe B) | < 0,8 s  |             | a) | $\alpha_w$<br>= 0,7 <sup>11)</sup> | 70 %<br>unmöbl.<br>11), 12) | ja | 125 Hz: T=1,31 s<br>Anf.: DIN 18041 |      |
| I.2  | <b>Mehrpersonbüros</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche<br>(DIN 18041, Gruppe B)                  | n.vorh.  |             |    | --                                 | unmöbl.<br>11), 12)         | -- |                                     |      |
| <u>Beschreibung akustische Maßnahmen der Büroräume:</u>  |  |  |             |    |                                    |                             |    | ja                                  | nein |
| a) keine akustischen Maßnahmen   |  |  |             |    |                                    |                             |    |                                     | x    |
| b) Raumakustische Maßnahmen mit Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsegel etc.)  |  |  |             |    |                                    |                             |    |                                     | x    |
| c) flächige Akustikdecken / Deckensegel angeordnet im Achsraster (> 60% der Bürodeckenflächen) |  |  |             |    |                                    |                             |    | x                                   |      |
| I.3  | <b>Besprechungsräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)   | < 0,7 s  |             | a) | 0,63 s<br>± 20% <sup>11)</sup>     | 80 %<br>11), 12)            | ja | 125 Hz: T=1,07 s                    |      |
| I.4  | <b>Konferenzräume</b> (DIN 18041, Gruppe A)  | n.<br>vorh.                                    | n.<br>vorh. |    | --                                 | 80 %<br>11), 12)            | -- |                                     |      |
| I.5  | <b>Empfangszone</b><br>(DIN 18041, Gruppe B)   | $\alpha_w$<br>= 0,7 bei über<br>30 % d. Fläche |             | a) | $\alpha_w$<br>= 0,7 <sup>11)</sup> | 30 %<br>leer                | ja | Anf. :DIN 18041                     |      |
| I.6  | <b>Kantinen</b> > 40 m <sup>2</sup> Grundfläche (DIN 18041, Gruppe B)                            | n. vorh.                                       | n. vorh.    |    | --                                 | 50% <sup>12)</sup>          | -- |                                     |      |

### II. Sonstige Lärmeinwirkungen

|      |   |                  |                 |
|------|---|------------------|-----------------|
| II.1 | <u>Beschreibung Anordnung Aufzugsanlagen</u>  | ja               | nein            |
|      | a) Wand- und Deckenstärken sind entsprechend VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup><br>→ <b>Ist-Situation:</b> zw. schutzbedürftigem Räuem und Aufzugsanlage befinden sich andere Räume |                  | x <sup>1)</sup> |
|      | b) Körperschallentkoppelungen sind entspr. VDI 2566, Beiblatt 1 (E) bzw. Beiblatt 2 geplant <sup>14), 15)</sup>   | x                |                 |
| II.2 | <u>Beschreibung möglicher Störungen durch Installationsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)</u>  | ja               | nein            |
|      | b) Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche L <sub>in</sub> = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen<br>(Vorstände, Rechtsanwaltspraxen etc.) <sup>13)</sup>   | x <sup>11)</sup> |                 |
| II.3 | <u>Beschreibung möglicher Störungen durch Lüftungsgeräusche (zu höherwertigen Räumen)</u>   | ja               | nein            |

## Anlage 2: DVA – Ist-Werte des Schallschutzes

zu Bericht: Kapitel 3.9

|  |   |  |          |
|--|---|--|----------|
|  | c) Einhaltung des max. Schalldruckpegels der Lüftungstechnischen Anlagen von $L_{AF} = 30 \dots 35 \text{ dB (A)}$ nach Empfehlung von <sup>13)</sup> $\rightarrow \Delta 5 \text{ dB (A)}$ geringer als nach DIN 4109 ( $L_{AF} = 35\text{-}40 \text{ dB (A)}$ ) gefordert <sup>1)</sup> |  | <b>x</b> |
|--|---|--|----------|

### Legende:

- 1) DIN 4109: Hochbau im Schallschutz; Anforderungen und Nachweise, 1989-11
- 2) DIN 4109, Beiblatt 2: Hochbau im Schallschutz, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- oder Arbeitsbereich, 1989-11
- 3) analog Wohnräumen nach DIN 4109, Tab. 3
- 4) **Empfehlungen für normalen und erhöhten Schallschutz in Eigenbereichen** (innerhalb einer Mieteinheit) sind keine baurechtlichen Anforderung und müssen ausdrücklich mit dem Bauherrn vereinbart sein
- 5) Für **Konferenzräume** liegen baurechtlich keine spez. Anforderung vor, in der Regel 52 dB
- 6)  $L_{AF}$  = Schalldruckpegel
- 7) **Schutzbedürftige Räume:** z.B. Wohnräume, Schlafräume Unterrichtsräume, Büroräume (ausgenommen Großraumbüro), Praxisräume  
**besonders laute Räume:** z.B: haustechnische Anlagen und Verkaufsstätten mit  $L_{AF} \geq 75 \text{ dB (A)}$ , Gasträume, Kegelbahnen Küchenräume (außer Kleinküchen, Aufbereitungsküchen), Theaterräume, Musik- und Werkräume, Müllabwurfanlagen, zentrale Staubsauganlagen)
- 8) Anforderung an Trittschallschutz in waagrecht, schräger oder senkrechter Richtung
- 9) Weichfedernde Bodenbeläge dürfen für den Nachweis des Trittschallschutzes angerechnet werden.
- 10) Die für Maschinen erforderliche Körperschalldämmung ist mit diesem Wert nicht erfasst; hierfür sind gegebenenfalls weitere Maßnahmen erforderlich – s. DIN 4109, Beiblatt 2. Ebenso kann je nach Art des Betriebes ein niedrigeres erf. notwendig ein, dies ist im Einzelfall zu überprüfen.
- 11) DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen, 2004-05
- 12) Deutsches Siegel für Nachhaltiges Bauen: Kriteriensteckbrief 21: Akustischer Komfort, Version 2009 (Stand Juni 2009)
- 13) Elmar Sälzer, Allgemeine anerkannte Regeln des Schallschutzes in Verwaltungsgebäuden, Weimarer Bauphysiktag 2005
- 14) VDI 2566 E, Blatt 1: Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum, 2001-12
- 15) VDI 2566, Blatt 2: Schallschutz bei Aufzugsanlagen ohne Triebwerksraum, 2004-05

### Quellen:

- a) Rechnerische Nachweisführung, Ed. Züblin AG
- b) Untersuchungsbericht: Schallschutz gegen Außenlärm, Ingenieurbüro für Bauphysik Horstmann und Berger, 2005-07-27
- c) Nachweis des Schallschutzes, Ingenieurbüro für Bauphysik Horstmann und Berger, 2005-07-14
- d) Bauteilkatalog mit Schallschutzanforderungen, Ingenieurbüro für Bauphysik Horstmann und Berger, 2005-07-13

### Kommentare:

- I) Bestandsgebäude
- II) Toiletteneinheiten liegen abgekoppelt von Büroräumen, d.h. keine Störgeräusche zu erwarten

## Anlage 3: DVA – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

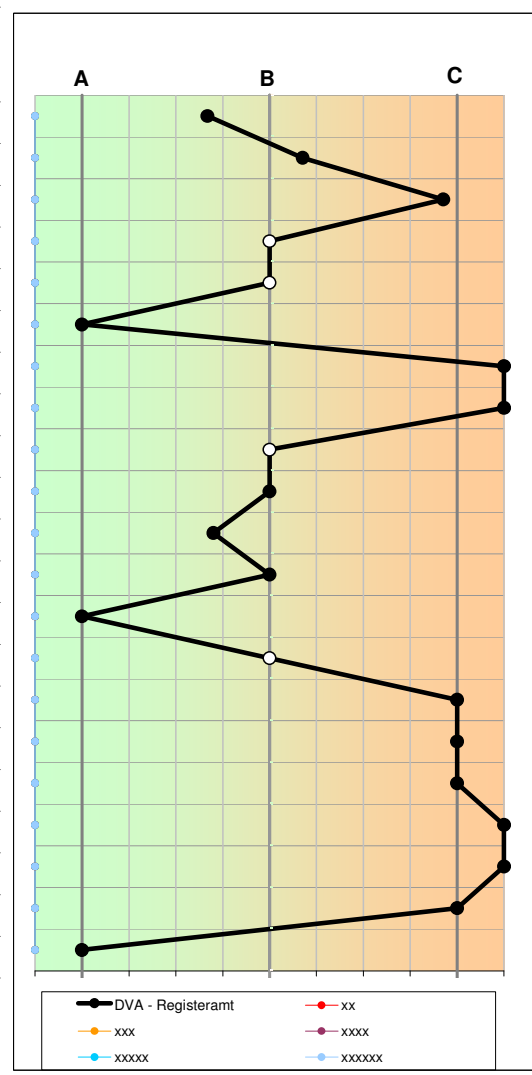
REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-06/Ed. Züblin AG

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| BV:               | DVA - Registeramt |
| Standardgrundriss | Obergeschoss 1    |
| Konferenz-ebene   | nicht vorhanden   |
| Vorstand-ebene    | nicht vorhanden   |

|                                   |              |
|-----------------------------------|--------------|
| Bewertungsgrößen - VERWALTUNGSBAU | Schallschutz |
|-----------------------------------|--------------|

| Id. Nr. | Haupt-Kategorie               | Einzelkriterien   | Kennzeichnende Größe | Gewichtungsfaktor |
|---------|-------------------------------|---|----------------------|-------------------|
| 1.1     | 1. Außenraum                  | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                                   | $\Delta R'_{w,RS}$   | 1   1)            |
| 1.2     |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)   | -                    | 1   1)            |
| 2.1     | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.2     |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.3     |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                                       | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.4     |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                                | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.5     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 2.6     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke) ; (vertikal)                              | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 2.7     |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                           | $L'_{n,w,R}$         | 1   1)            |
| 3.1     | 3. Raumakustik                | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzebene, Besprechungsräume)  | $T_{soll}$           | 1   1)            |
| 3.2     |                               | Einzelbüros und Mehrpersonnbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                    | DGNB Pkte            | 1   1)            |
| 3.3     |                               | Mehrpersonnbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                      | DGNB Pkte            | 1   1)            |
| 3.4     |                               | Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)   | -                    | 1   1)            |
| 4.1     | 4. Schutz gegen lauten Räumen | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | 1   1)            |
| 4.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 4.3     |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall  | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 5.1     | 5. Fremdbereiche              | Wand, Luftschallschutz  | $R'_w$               | 1   1)            |
| 5.2     |                               | Decke, Luftschallschutz   | $R'_w$               | 1   1)            |
| 5.3     |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)   | $L'_{n,w}$           | 1   1)            |
| 6.1     | 6.Sonderbereiche              | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut  | -                    | 1   2)            |
| 6.2     |                               | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche $L_{w1} = 30$ dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | $L_{in}$             | 1   2)            |



|  |    |
|--|----|
| Bezugsgröße für Gewichtungsfaktoren                                  | 16 |
| Mindestanzahl von Gewichtungsfaktoren                                | 11 |
| Gesamtbewertung Bewertungsnote Nullmessung - - mit Gewichtungsfaktor |    |

**B-C**

30%

1) Pflichtbewertungen, falls Bewertung auf Null gesetzt, dann nicht im Projekt bewertbar  
2) Ergänzungsmöglichkeit nach Erfordernis

**Projektspezifische Aufgaben**

Das DVA Gebäude aus dem Jahr 1957 wurde im Jahr 2006 komplett saniert. Aufgrund der dünnen Bestands-Rippendecke kann der Luft- und Trittschallschutz der Decke die aktuellen baurechtlichen Anforderungen nicht erfüllt werden. Die Aufzugsschächte sind ebenfalls nach VID 2566 bemessen.

## Anlage 3: DVA – Bewertungstabelle ausgefüllt

zu Bericht: Kapitel 3.9

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

2009-07-06/Ed. Züblin AG

BV:

DVA - Registeramt

| Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU |                               |  |                      | Bemerkungen |  |
|---------------------------------|-------------------------------|--|----------------------|-------------|--|
| lfd. Nr.                        | Haupt-Kategorie               | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Einheit     | Bemerkungen zur Bewertung des Projekts         |
| 1.1                             | Außenlärm                     | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                              | $\Delta R_{w,res}$   | dB          |  |
| 1.2                             |                               | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)  | -                    | -           |  |
| 2.1                             | 2. Eigenbereich               | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R'w                  | dB          | Standardwände lt. Berechnung 40 dB statt 37 dB |
| 2.2                             |                               | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG)<br>→ Standortvorteil                                       | R'w                  | dB          | keine Konferenzebene vorhanden                 |
| 2.3                             |                               | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG)<br>→ Standortvorteil                               | R'w                  | dB          | keine Vorstandsebene vorhanden                 |
| 2.4                             |                               | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                           | R'w                  | dB          |  |
| 2.5                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB          |  |
| 2.6                             |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke) ; (vertikal)                         | L'n,w                | dB          |  |
| 2.7                             |                               | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                      | L'n,f,w,R            | dB          |  |
| 3.1                             | 3. Raumakustik                | Gruppe A (DIN 18041)<br>(Konferenzebene, Besprechungsräume)                                  | Tsoll                | s           |  |
| 3.2                             |                               | Einzelbüros und Mehrpersonenbüros bis 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21              | DGNB Pkte            | Pkte        |  |
| 3.3                             |                               | Mehrpersonenbüros > 40 m <sup>2</sup> Fläche, nach DGNB SB 21                                | DGNB Pkte            | Pkte        | im Projekt nicht vorliegend                    |
| 3.4                             |                               | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss)       | -                    | -           |  |
| 4.1                             | 5. Schutz gegen lauten Räumen | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB          | im Projekt nicht vorliegend                    |
| 4.2                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB          |  |
| 4.3                             |                               | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L'n,w                | dB          |  |
| 5.1                             | 6. Fremdbereiche              | Wand, Luftschallschutz   | R'w                  | dB          |  |
| 5.2                             |                               | Decke, Luftschallschutz  | R'w                  | dB          |  |
| 5.3                             |                               | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)  | L'n,w                | dB          |  |
| 6.1                             | 7. Sonderber.                 | Aufzugsanlagen nach VDI 2566 eingebaut   | -                    | -           | Bestandsgebäude                                |
| 6.2                             |                               | Einhaltung der max. Wasserinstallationsgeräusche L'n = 30 dB (A) in schutzbedürftigen Räumen | L'n                  | dB (A)      | getrennt von schutzbedürftigen Räumen          |

**Anlage 4:** *DVA – Kurzbeschreibung der Bewertungskriterien*

*zu Bericht:2C.3.6.3.0*

Anlage enthält **1** Seite

REG: Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen

06. Juli 2009 / Ed. Züblin AG

A+: **Übererfüllung:** z.B. sämtliche Bürotrennwände erreichen einen Ist-Schalldämmwert von 52 dB. Dieser Wert ist bei massiver Bauweise technisch machbar, aber bei flexibler Nutzungsgestaltung eines Grundrisses (Hohlraumboden, Fassadenanschlüsse) bei einem Standardgebäude unüblich. Daher wird die Note A bereits bei einem Schalldämmwert von 45 dB erreicht, darüberhinaus liegende Werte werden mit A+ gekennzeichnet

C-: **Überschreitung:** z.B. einer baurechtlichen Norm (=Note: C)

Bewertungsgrößen VERWALTUNGSBAU

| Ist-Nr. | Hauptkategorie    | Einzelkriterien  | Kennzeichnende Größe | Einheit | Festlegung der Bewertung   | A                      | mind. % aller Bezugsflächen | B                      | mind. % aller Bezugsflächen | C                 | mind. % aller Bezugsflächen | Basisbezüge  | Begründungen für Entscheidungen  |  |
|---------|-------------------|--|----------------------|---------|--|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|--|
|         |                   |  |                      |         |  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |
| 1.1     | Außenraum         | Gemittelte Abweichung des baurechtlichen Sollwertes der Fassade                        | ΔR <sub>w, res</sub> | dB      | Ziel ist die skalierte Darstellung des mittleren Differenzbetrags zwischen der Mindestanforderung nach DIN 4109 und dem vorliegenden Ist-Schalldämmwert der Fassade. Die Skalierung stellt keine Bildung eines resultierenden Gesamtschalldämmwertes über die Gebäudehülle dar. Zuerst werden sämtliche unterschiedlichen Fassadenschalldämmwerte am Gebäude kategorisiert und die Δ Beträge zum jeweiligen Sollwert ermittelt. Aus der mittleren Abweichung zum Sollwert wird die Note abgeleitet.<br><br>Zur Vermeidung von Verfälschungen darf pro Fassadenkategorie max. eine positive Abweichung von Δ 3 dB in o.g. Berechnung berücksichtigt werden.<br>Bsp: Sollwert: 32 dB, Ist-Wert: 37 dB → Differenzbetrag: 37 - 32 dB = Δ 5 dB > Δ 3 dB → d.h. erlaubte, ansetzbare Abweichung: Δ 3 dB. Dadurch sollen unrealistische Kompensationen einer ungünstigen Fassadenseite mit geringer Abweichung zum Sollwert durch eine günstige Fassadenseite mit hoher Abweichung zum Sollwert vermieden werden.<br><br>Werden die baurechtlichen Anforderungen nach DIN 4109 unterschritten, so erfolgt eine pauschalierte Bewertung von -125%, d.h. C-. | 3                      | 100%                        | 1.5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Baurechtliche Mindestanforderungen nach DIN 4109<br><br>aus wirtschaftlichen und praxistauglichen Gründen niedrigere Werte angesetzt als nach Sb des DGNB. Höhere Anforderung an Schalldämmwert der Fassade führt nicht automatisch zur Verbesserung des Innenpegels, da die Innengeräuschpegel durch Eigengeräusche der Nutzer mitbeeinflusst werden. |
| 1.2     |                   | Natürliche Be- und Entlüftung (Standardgrundriss)                                      | -                    | -       | Prozentualer Flächenanteil mit/ohne manueller Be- und Entlüftung zur festgelegten Bezugsfläche.<br><br>In die Bezugsfläche fließen nur Büroflächen und kleine Besprechungsräume ein. Räume mit mechan. Be- und Entlüftung, die bereits aus aus hygienischen Gründen erforderlich sind, werden ausgeschlossen (z.B. Konferenzräume, Toiletten) sowie Verkehrsflächen.   | manuell                | 100%                        |                        |                             | manuell           | 0%                          | In Anlehnung der VDI 2719                            | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mechanische Be- und Entlüftung (mögliche Gründe: Außenlärm, Großraumbüros nach AStätt)<br><br>manuelle Be- und Entlüftung generell mit gekippten Fenstern oder Stoßlüftung möglich.  |
| 2.1     | 2. Eigenbereich   | Büro-Wände Istzustand (Standardgrundriss)  | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Skalierte Darstellung der prozentualen Anteile aller Bürotrennwände und ihrer Schalldämmwerte in einem Standardgrundriss. Dabei wird ebenfalls wie in Nr. 1.1. ein Mittelwert über sämtliche Bürowandabwicklungen im Standardgrundriss berechnet. Es ist nicht das Ziel ein resultierenden Schalldämmwert über das gesamte Geschoss zu bilden.<br><br>Beispiele:<br>(1) 100 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R <sub>w</sub> = 37 dB → Werteskala: Note C<br>(2) 80 % aller Bürotrennwandabwicklungen erfüllen R <sub>w</sub> = 37 dB sowie 20 % aller Bürotrennwände ein R <sub>w</sub> = 42 dB → Werteskala: ~ C- (entspricht in der Werteskala: 80 % von B in Richtung C).<br>Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, und bleiben daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt.<br><b>Anmerkung:</b> Generell werden die Trennwände in die 3 gängigen Kategoriegruppen eingestuft. Zwischenwerte sind nicht gestattet. Zwischenwerte können im Bemerkungsblatt definiert werden.   | 45                     | 100%                        | 42                     |                             | 37                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.2     |                   | Konferenz-Geschoss (i.d.R. im EG) → Standortvorteil                                    | R <sub>w</sub>       | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugslängen nur die Konferenz-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Konferenzebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.  | 52                     | 100%                        | 45                     |                             | 42                | 100%                        | In Anlehnung an DIN 4109, Beiblatt 2                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.3     |                   | Vorstands-Geschoss (i.d.R. im letzten OG) → Standortvorteil                            | R <sub>w</sub>       | dB      | Wie Nr. 2.1 jedoch schließen die Bezugslängen nur die Vorstands-Trennwände (inkl. Flurbereich) ein. Falls keine Vorstandsebene vorliegt (Standortvorteil), so fließt dieser Punkt nicht in die Bewertung mit ein.  | 52                     | 100%                        | 45                     |                             | 42                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung für Räume mit erhöhter Konzentration<br>Erhöhte Anforderung für Räume mit erhöhter Konzentration  |
| 2.4     |                   | Bewertung der max. möglichen Schalldämmung einer Standardtrennwand                     | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Feststellung des maximal möglichen Schalldämmwertes einer Büro-Standardtrennwand unter Berücksichtigung der flankierenden Bauteile. → Wertstabilität des Gebäudes. Wert kann von den Istwerten in Nr. 2.1 abweichen.   | 45                     | 100%                        | 42                     | 100%                        | 37                | 100%                        | Anlehnung DIN 4109                                   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Stand der Technik in Deutschland<br><br>Grenzwert, um Ständerwände auf Hohlraumböden flexibel aufsetzen zu können  |
| 2.5     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | Ziel: Eingruppierung des Schalldämmwertes der Decke in eine Werteskala. Ggf. kann analog wie bei 2.1. eine Quotierung der Flächen erfolgen.  | 57                     | 100%                        | 55                     |                             | 52                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5             | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>in Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 2.6     |                   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel (Standarddecke); (vertikal)                    | L <sub>n,w</sub>     | dB      | Nur vertikaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46                     | 100%                        |                        |                             | 53                | 100%                        | DIN 4109, Beiblatt 2                                 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2  |
| 2.7     |                   | Bewerteter Norm-Flankentrittschallpegel des Hohlraumbodens (horizontal)                | L <sub>n,1,w,R</sub> | dB      | Nur horizontaler Trittschallschutz von oben nach unten (Standard-Grundriss). Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 58                     | 100%                        | 63                     |                             | 68                | 100%                        | VDI 3762   | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Empfehlung für normale Büroräume<br>Empfehlung für Büroräume mit erhöhter Vertraulichkeit  |
| 3.1     | 3. Raumakustik    | Gruppe A (DIN 18041) (Konferenzzone, Besprechungsräume)                                | T <sub>soll</sub>    | s       | Erfüllung der Nachhallzeiten nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 im 80% besetzten Zustand  | T <sub>soll</sub> -20% | 100%                        | T <sub>soll</sub> -10% | 100%                        | T <sub>soll</sub> | 100%                        | DIN 18041  | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Einhaltung der entsprechend räumlichen Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2<br><br>Überschreitung der Anforderungen nach DIN 18041, Nr. 4.3.2 um 20% im Frequenzbereich zwischen 250 und 2000 Hz → Sprachverständlichkeit, Nichtmuttersprachler   |
| 3.2     |                   | Einzelbüros und Mehrpersonbüros bis 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21                      | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort, Stand Juli 2009. Sämtliche Punktzahl von unter 15 Pkten. Note: C-  | 35                     | 100%                        |                        |                             | 15                | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 15 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.3     |                   | Mehrpersonbüros > 40 m² Fläche, nach DGNB SB 21  | DGNB Bewertung       | Pkte    | Entsprechend der Punktebewertung des SB 21, DGNB Akustischer Komfort. Nichterfüllung der A/V Verhältnisses/Tsoll: Note: C-   | 20                     | 100%                        |                        |                             | 0                 | 100%                        | DGNB, STB 21 (Stand Juli 2009)                       | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Erreichung ≥ 0 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.<br><br>Erreichung ≥ 15 Pkte nach SB 21, Stand Juli 2009.  |
| 3.4     |                   | Einhaltung der Raumakustik bei flexibler Nutzung der Bürogeschosse (Standardgrundriss) | -                    | -       | Ziel: Darstellung des Raumakustikzustock für flexible Nutzung. In der Regel wird die Raumakustik in den Büroräumen zweitrangig behandelt. Daher soll hier eine positive Bewertung erfolgen, z.B. wenn Deckensegel achsweise vorinstalliert werden. Dadurch können Räume flexibel in ihrer Nutzung gestaltet werden (Einzel- bis Großraumbüro), trotz Nutzungsänderung bleibt ein raumakustischer Komforts erhalten → Flexibilität, Wertstabilität.   | ja                     | 100%                        |                        | 100%                        | nein              | 100%                        | In Anlehnung der DIN 18041                           | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | keine Akustikdecken vorgesehen<br>Raumakustische Maßnahmen sind durch Bauherr/Mieter vereinbart (Möbel, Stellwände, Wandsegl etc.)<br>Vollflächige Akustikdecken oder Deckensegel angeordnet im Achsrastrer (> 60% der Bürodeckenflächen) oder Sonstiges   |
| 4.1     | 4. Schutz innen   | Wand, Luftschallschutz   | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu lauten Räumen, nach DIN 4109, Tab. 5   | 5                      | 100%                        | 2,5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.2     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt.  | 5                      | 100%                        | 2,5                    | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>+5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 4.3     |                   | Decke, Trittschallschutz, Körperschall   | L <sub>n,w</sub>     | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!  | -5                     | 100%                        | -2,5                   | (Mittelwert aus A und C)    | Mind.             | 100%                        | DIN 4109, Tab. 5                                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 5<br><br>-5 dB erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Tab. 5   |
| 5.1     | 5. Fremd-bereiche | Wand, Luftschallschutz   | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.1, jedoch sämtliche Trennwände zu Fremdbereichen, nach DIN 4109, Tab. 3 (Anforderungen der Türen sind nach DIN 4109 an die Anforderungen der Wände angekoppelt, daher in Bewertung allgemein unberücksichtigt)   | 55                     | 100%                        |                        | 100%                        | 53                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 5.2     |                   | Decke, Luftschallschutz  | R <sub>w</sub>       | dB      | wie 2.6, jedoch gesamte Deckenfläche der zu bewertenden Bereiche, Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert.  | 57                     | 100%                        | 55                     |                             | 54                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2<br>DIN 4109, Tab. 5 | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2<br>in Anlehnung an DIN 4109, Tab. 5, Z. 1.1, Sp. 3   |
| 5.3     |                   | Decke, Bewerteter Norm-Trittschallpegel; (vertikal)                                    | L <sub>n,w</sub>     | dB      | wie 2.7, jedoch gesamte Deckenfläche, der zu bewertenden Bereiche. Bewertung mehrerer Decken falls erforderlich erlaubt. Bewertet wird der Mittelwert. I.d.R. ohne Bodenbelag!   | 46                     | 100%                        |                        |                             | 53                | 100%                        | DIN 4109<br>DIN 4109, Beiblatt 2                     | Gruppe C<br>Gruppe B<br>Gruppe A | Mindestanforderung, nach DIN 4109, Tab. 3<br><br>Erhöhte Anforderung nach DIN 4109, Beiblatt 2, Tab. 2   |
| 6.1     | Sonderbe          |  |                      |         | Frei wählbare Themen, z.B. Schalldruckpegel von Lüftungsanlagen  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |
| 6.2     |                   |  |                      |         |  |                        |                             |                        |                             |                   |                             |  |                                  |  |



**Anlage 1:** *Messbericht zur Luftdichtigkeitsmessung nach DIN EN 13829*  
*zu Bericht: Kapitel 3.10*

Messbericht enthält 28 Seiten

EGS-plan Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH

Gropiusplatz 10 · D-70563 Stuttgart

---



# **MESSBERICHT LUFTDICHTIGKEITSMESSUNG**

nach DIN EN 13829

für das Büro- und Verwaltungsgebäude

## **ED ZÜBLIN AG**

## **GEBÄUDE ZÜBLINHAUS B-BLOCK**

## **IN STUTTGART-MÖRINGEN**

im Auftrag der Ed. Züblin AG Stuttgart



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin ZH-B-Block

---



**Auftraggeber:**

**Ed. Züblin AG**

Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

:

**Auftragnehmer:**

**EGS-plan Ingenieurgesellschaft für  
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH**

Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

Fon (07 11) 9 90 07 – 5  
Fax (07 11) 9 90 07 – 99

Internet: [www.egs-plan.de](http://www.egs-plan.de)  
e-mail: [info@egs-plan.de](mailto:info@egs-plan.de)

Projektleitung:

Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung:

Dipl.-Ing.(FH) Jürgen Beck-Bazlen

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Situation und Aufgabenstellung</b> .....                  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beschreibung des Gebäudes</b> .....                       | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Zeit und Ort der Messung</b> .....                        | <b>7</b>  |
| <b>4</b> | <b>Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche</b> .....        | <b>8</b>  |
| 4.1      | <i>Normen, Richtlinien, Unterlagen</i> .....                 | 8         |
| 4.2      | <i>Ablauf der Messung</i> .....                              | 8         |
| 4.2.1    | <i>Messprinzip</i> .....                                     | 8         |
| 4.2.2    | <i>Gebäudezustand -präparation</i> .....                     | 9         |
| <b>5</b> | <b>Messung der Luftwechselrate <math>n_{50}</math></b> ..... | <b>10</b> |
| <b>6</b> | <b>Leckagen/Undichtigkeiten</b> .....                        | <b>11</b> |
| <b>7</b> | <b>Abschließende Beurteilung</b> .....                       | <b>22</b> |

### ANLAGEN

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes sind an ausgewählten Verwaltungsgebäuden unter anderem Luftdichtheitsmessungen zur Bewertung der Dichtheit von Gebäuden durchzuführen. Im Rahmen dieser Messungen sollen auch die wesentlichen Gebäudeleckagen festgestellt und protokolliert werden.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber sind die Messungen im Block B des Züblin-Hauses zwischen dem 1. und 5. Obergeschoss durchzuführen. Das Erdgeschoss sowie das 6. Obergeschoss sind nicht zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse sind im folgenden Bericht dokumentiert.

## 2 Beschreibung des Gebäudes

Bei dem Gebäude (Baujahr 1984) handelt es sich um 2 jeweils 7-geschossiges Verwaltungsgebäude mit Tiefgarage, die über ein satteldachförmiges Glasdach mit verglasten Stirnseiten miteinander verbunden sind. Stellvertretend für das Gesamtgebäude ist eine Spange des Gebäudekomplexes - der B-Block – zu untersuchen.

Das Gebäude ist in überwiegend in Stahlbetonfertigteiltbauweise erstellt worden. Rötlich eingefärbte Betonbrüstungen mit tragenden Fassadenstützen prägen das Fassadenbild.

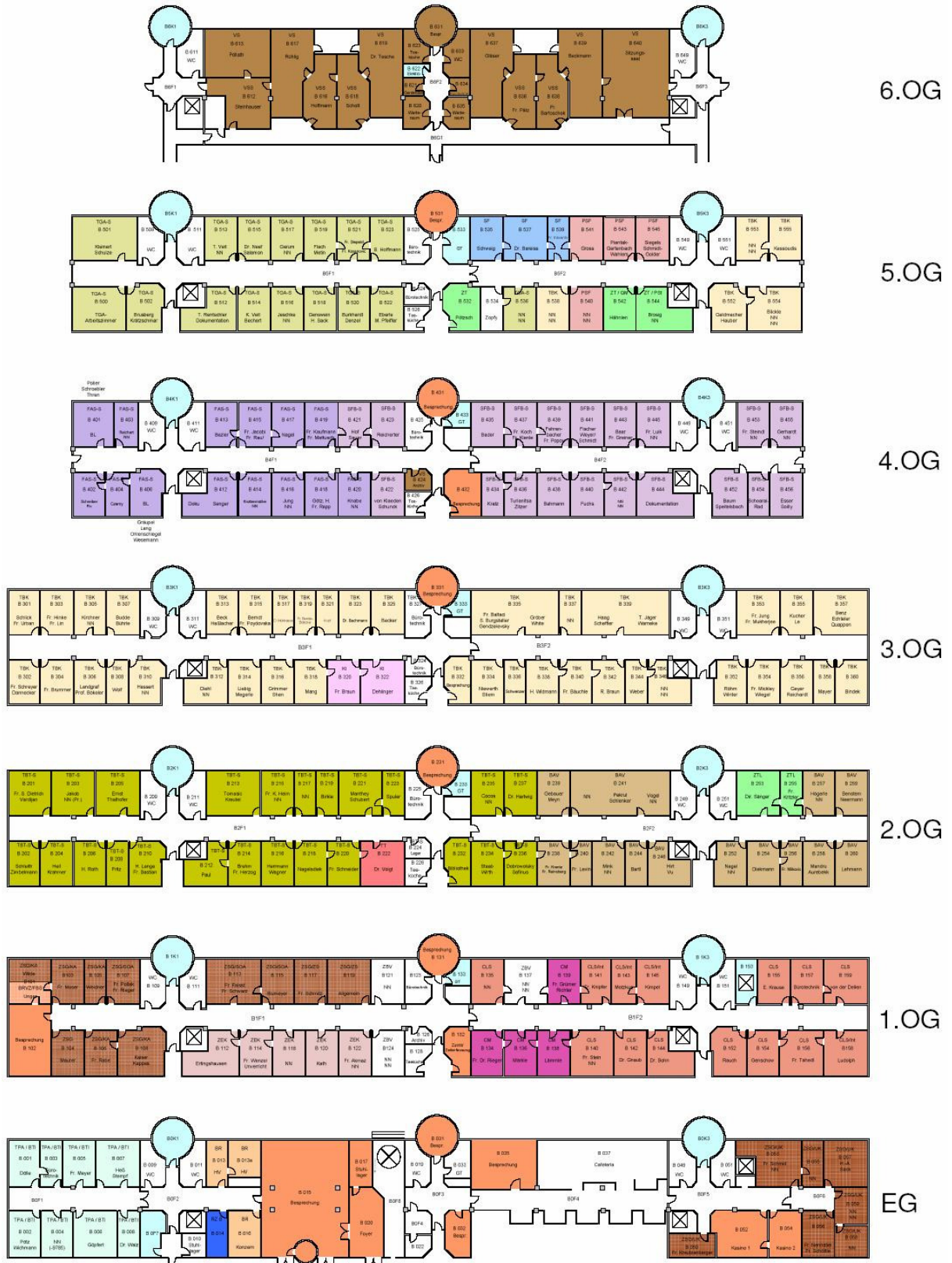
Die Grundabmessungen eines Gebäudeflügels betragen ca.  $L=94\text{ m} \times B=13$  (EG – 3. OG). Das 4. + 5 Obergeschoss ( $L=80\text{ m}$ ) bzw. das 6. OG ( $L = 60\text{ m}$ ) sind jeweils zurückgesetzt und weisen eine geringer Geschossfläche auf. Das gesamte zu untersuchende umbaute Gebäudevolumen beträgt  $18308\text{ m}^3$ . Aus diesem Wert errechnet sich entsprechend der Berechnungsvorschrift zur Energieeinsparverordnung ein Innenvolumen von  $14646\text{ m}^3$ .

Der Gebäudeteil wird über jeweils 3 zum Innenhof liegenden Zugänge bzw. Stege erschlossen. Innerhalb des Gebäudes sind 2 Aufzugsanlagen vorhanden.

Bis auf einige Bereiche (Sanitäreanlage) wird das Gebäude natürlich über Fensterlüftung bzw. Lüftungsgitter unterhalb der Fenster belüftet.

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin ZH-B-Block



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin ZH-B-Block

---

### **3 Zeit und Ort der Messung**

Die Messungen wurden am Samstag, den 15. November 2008 zwischen 8<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup> Uhr im Rahmen eines Mess- und Ortstermins durchgeführt.

Die Messungen wurden im Büro- und Verwaltungsgebäude dem s. g. Züblin Haus, B-Block in Stuttgart-Möhringen Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart.

Die Messung wurde durchgeführt von: Dipl. Ing. (FH) Jürgen Beck-Bazlen



## 4 Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche

### 4.1 Normen, Richtlinien, Unterlagen

Für den vorliegenden Messbericht wurden folgende Normen, Richtlinien und Unterlagen zugrunde gelegt:

/1/ DIN EN 13829 Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden -  
Differenzdruckverfahren, Ausgabe 02-2001

Erläuterungen/Beiblatt zur DIN EN 13829, erstellt durch den Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB), Ausgabe 10/2002

Schematische Grundrisspläne

### 4.2 Ablauf der Messung

#### 4.2.1 Messprinzip

Für die Messung der Luftdichtheit bzw. für eine Leckagesuche einer Wohnung oder eines Gebäudes wird ein Ventilator/Gebläse (Blower-Door, Modell 3 bzw. 4) luftdicht in die Öffnung einer Eingangstüre eingebaut. Bei Ventilatorbetrieb und geschlossenen Fenstern kann im Gebäude eine Druckdifferenz (Unterdruck und/oder Überdruck) zur Außenluft erzeugt werden. Die Höhe der Druckdifferenz (ca. 10 bis 60 Pascal) ist über die Ventilator Drehzahl einstellbar.

Eine Norm-Messung nach DIN EN 13829 für das gesamte Gebäudes mit Bestimmung der Luftwechselrate  $n_{50}$  wurde jeweils bei Über- und Unterdruck durchgeführt. Bei Messungen großer Gebäude (ab 4000 m<sup>3</sup>) ist mindestens eine Druckdifferenz von  $\Delta p = 25$  Pa erforderlich. Das Messprotokoll ist diesem Bericht als Anlage beigefügt.

Die Leckagesuche wurde bei Unterdruck mit einer Druckdifferenz von  $\Delta p$  ca. 35 Pa durchgeführt. Die festgestellten Leckagen wurden protokolliert.

### 4.2.2 Gebäudezustand -präparation

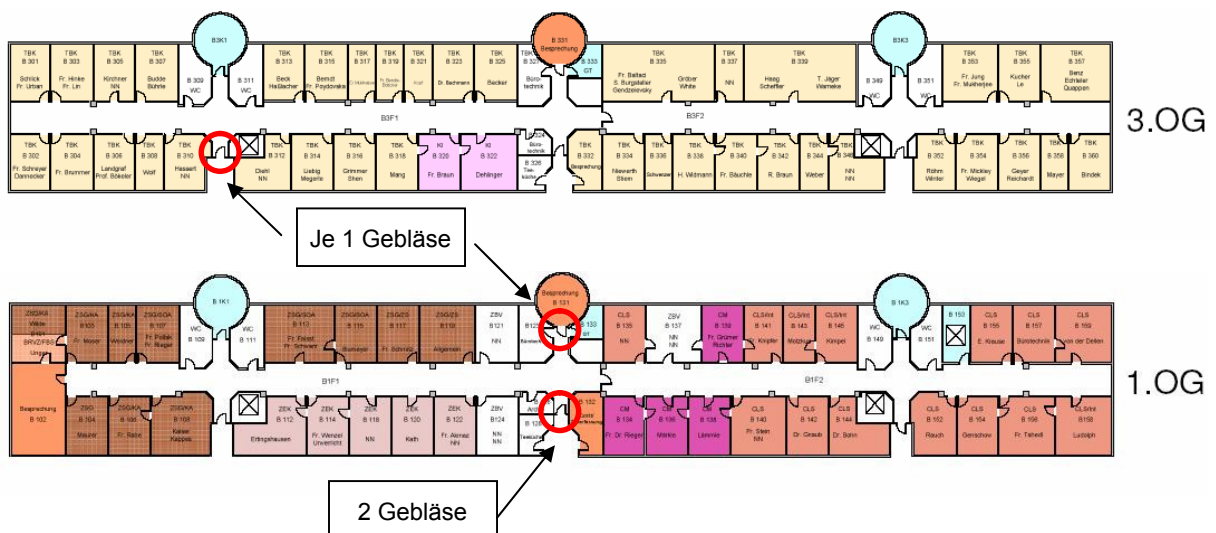
Während der Messungen wurde das Gebäude nicht genutzt. Offene Fenster bzw. Türen zu unbeheizten Räumen (auch zum verglasten Innenhof) wurden geschlossen ansonsten blieben die Türen innerhalb des Gebäudes geöffnet. Lüftungsöffnungen unter den Fenstern wurden abgeklebt. Um einen Druckausgleich zwischen den untersuchten Geschossen zu ermöglichen, waren die Türen zu den an der Ostseite liegenden Treppenhäustürmen geöffnet.

Da die Aufzugschächte alle Geschosse miteinander verbinden, musste in den untersuchten Geschossen 1. - 5. OG die Aufzugstüren so gut wie möglich abgeklebt werden. Dies war aufgrund der vorgefunden Konstruktion der Aufzugsanlage nicht vollständig möglich, so dass „internen Leckagen“ das Ergebnis geringfügig beeinflussen.

Desweiteren mussten sämtliche Abluft-Öffnungen der Toiletten abgedichtet werden.

Die Luftdichtheitsmessungen wurde mit 4 Gebläse (Typ BLOWERDOOR Modell 3 bzw. Modell 4) durchgeführt. Diese wurden in Türöffnungen zum Innenhof im 1. und 3. OG auf der Ostseite bzw. 1 Gebläse wurde im Besprechungsraum im 1.OG auf der Westseite eingebaut.

**Bild 1: Einbau Gebläse**



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin ZH-B-Block

---

## 5 Messung der Luftwechselrate $n_{50}$

Nachfolgend sind die Messergebnisse der Gebäudeluftdichtheit nach DIN EN 13829 aufgeführt. Das detaillierte Messprotokoll ist als Anlage beigefügt.

Angerechnetes beheizbares Gebäudevolumen:  $V = 14646 \text{ m}^3$

Gemessene Luftwechselrate  $n_{50} = 3,2 \text{ 1/h}$

Anforderungen nach DIN 4108-7  $n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$  Gebäude die über Fensterlüftung belüftet werden.

$n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$  Gebäude die über eine Lüftungsanlage belüftet werden.

Die Anforderung für natürlich belüftete Gebäude von  $n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$  wird von dem hier untersuchten Gebäude mit einer gemessenen Luftwechselrate von  $n_{50} = 3,2 \text{ 1/h}$  unterschritten und somit eigentlich nicht eingehalten. Es ist jedoch davon auszugehen, dass durch die bei der Messung vorhandenen nicht zu vernachlässigenden internen Leckagen der Messwert ohne diese Leckagen deutlich einhalten würde.

## 6 Leckagen/Undichtigkeiten

Bei einer Gebäudedruckdifferenz von  $\Delta p$  ca. 35 Pa wurde das Gebäude raumseitig auf Leckagen und Undichtheiten untersucht.

Um die Leckagen besser erkennen zu können, wurde ein Nebelgenerator eingesetzt, so dass bei der Unterdruckmessung die nach innen einströmende Luft erkennbar wird.

Des Weiteren wurde mittels eines Anemometers die Strömungsgeschwindigkeit der Leckage festgestellt. Die Angabe der Luftgeschwindigkeit dient zu groben Einschätzung und Unterscheidung der Größe einer Leckage und muss immer in Verbindung mit der dazugehörigen Undichtheit und deren freien Öffnungsfläche bzw. Fugenbreite und Länge gesehen und beurteilt werden.

Nachfolgend sind die bei Unterdruck festgestellten Leckagen aufgeführt. Leckagen, die wiederholt bzw. systembedingt öfters auftreten werden hier nur exemplarisch für das gesamte Gebäude aufgeführt.

**Bild 2: Zugangstüre zum Innenhof**



Nahezu alle Zugangstüren zum Innenhof hier sind sehr undicht. Die Bodenfuge (ca. 3,8 m/s Strömungsgeschwindigkeit) weist Spaltmaße von bis zu 15 mm auf. Es fehlt eine absenkbare Bodendichtung oder Bürstendichtung. Ebenfalls sind die Längsfugen und die ober Deckenfuge undicht. Die umlaufende Zargendichtung weist nur einen sehr geringen Federweg auf und dichtet nicht mehr ausreichend ab.

Ausgehend von 15 Zugangstüren summiert sich der Luftstrom über die undichten Türen (bei einem Prüfdruck von ca. 35 Pa Druckdifferenz) auf 2000 – 3000 m<sup>3</sup>/h, was den gemessenen n<sub>50</sub> Wert um ca. 6 - 9 % verschlechtert.

Aufgrund dessen, dass der angrenzende Innenhof kein Außenluftbedingungen aufweist, sondern die Lufttemperaturen während der Heizperioden deutlich über dem Außenklima liegen, werden die Lüftungswärmeverlust noch in einem akzeptablen Bereich sein, besonders da die Türen sowieso ständig geöffnet werden. Ein Einstellen der Türanlage und das Nachrüsten einer Bodenfuge sind allerdings zu empfehlen.



**Bild 4: Büro B 259 (Südseite/Flurzone)**



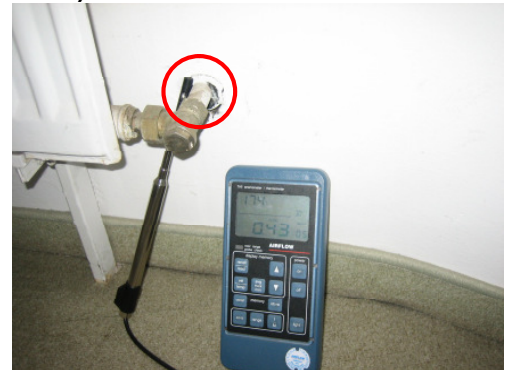
Offene Fugen zwischen Decke und Deckenanschluss Fassadenanschlussschwert (aus Gipskartonplatten), welches den Raum zur Flurzone abgrenzt. Die dauerelastische Fuge ist hier gerissen, so dass eine als gering zu bewertende Leckage entstanden ist. Dieser Punkt war in fast allen gleich gelagerten Raumsituationen festzustellen. Da der Fugenbereich gut zugänglich ist wird empfohlen, diese raumseitig mit einer Acrylfuge auszubessern.



**Bild 5: WC Bereich 251 (Ostseite)**

Die seitliche Abgrenzung vom WC zum Nachbarraum ist am Fassadenanschluss durch eine lose eingestellte Holzwerkstoffplatte abgegrenzt. Die Anschlüsse dieser Holzwerkstoffplatte sind nicht abgedichtet und weisen starke Undichtheiten auf. Die eigentliche Undichtigkeit wird hinter der Holzverkleidung vermutet. Zur genauen Ursachenermittlung ist zu empfehlen, die Verkleidung zu entfernen und die Anschlussbereiche zur Fassade zu prüfen. Aufgrund der als hoch einzustufenden Undichtheit in diesem Bereich und aufgrund dessen, dass dies in allen WC's (Damen und Herren) in gleicher Weise festzustellen war, sollten die Undichtheiten nachgedichtet werden. Bei dieser Leckage deutet viel darauf hin, dass es sich hier um eine interne Leckage zwischen den gemessenen und nicht gemessenen Geschossen handelt.

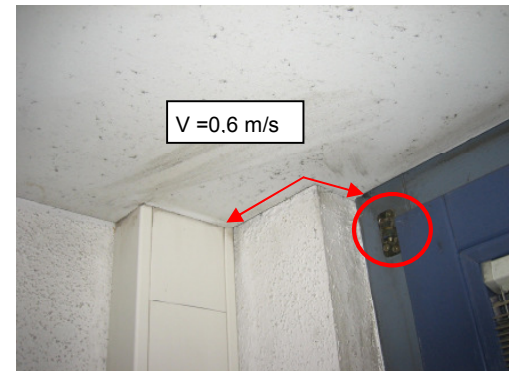


**Bild 6: Außenliegender Besprechungsraum B 231 (Ostseite)**

Die Brüstungsbereiche sind mit Gipskartonplatten verkleidet. Es ist zu vermuten, dass dahinter eine Innendämmung ausgeführt ist. Durch diese GK-Verkleidungen verlaufen Heizkörperrohre und im oberen Bereich Befestigungswinkel für die Fensterkonstruktion bzw. den Fenstersims. An den Durchstoßpunkten sind kleinere Leckagen festzustellen, die was den Lüftungsverlust angeht vernachlässigt werden können. Dies war an allen außenliegenden Besprechungsräumen festzustellen.

Problematisch hierbei ist allerdings die Innendämmung. Leckagen bedeuten gleichzeitig, dass auch die dampfsperrende Schicht unterbrochen ist. Hierdurch kann es zu Tauwasserbildung mit ggf. Schimmelbildung innerhalb der Konstruktion kommen. Es ist deshalb zu empfehlen diese Bereiche noch detaillierter zu untersuchen und ggf. nachzubessern.

**Bild 7: Kopierraum B 225 (Ostseite)**



Das Fenster schließt links an eine GK-Verkleidung an. Deckenanschluss (Decke mit Holzschalung verkleidet) zur GK- Verkleidung undicht. Die eigentliche Undichtheit wird vermutlich hinter der Deckenverkleidung liegen. Genaueres kann erst nach Öffnen der Konstruktion ermittelt werden. Da die Leckagen nur mäßig ausgeprägt sind, wird eine genauere Leckagesuche bzw. Abdichtungsmaßnahmen zum jetzigen Zeitpunkt nicht für erforderlich gehalten.

Der Punkt wurde an allen Kopierräumen an dieser Fassadenseite festgestellt.

Speziell in diesem Raum war das Fenster am oberen linken Beschlag undicht.



**Bild 9: Büroraum B302 (Nord/West Ecke)**



Undichtheiten im oberen Anschlussbereich Fenster/Fassade an Betonsturz (entsprechend Bild 3).

Im Eckanschluss der massiven Brüstung an Fenster/Fassade sind gravierend Undichtheiten festgestellt worden. Es ist zu vermuten, dass der Anschluss der Brüstungselemente zueinander bzw. zur Fassade nicht luftdicht ausgeführt wurde. In diesem Bereich wurden Luftgeschwindigkeiten von ca. 0,5 – 1,5 m/s gemessen, bei einer Fugengröße 1 cm und mehr ergeben sich erhöhte Lüftungswärmeverluste. Zugscheinungen zu den Arbeitsplätzen sind nicht auszuschließen. Das Problem wurde an jedem Eckbüro an dieser Stelle jeweils auf beiden Seiten festgestellt, so dass von einem systematischen Fehlen des luftdichten Anschlusses ausgegangen wird. Dieser Bereich sollte nachgedichtet werden. Größere Fugen sollen zusätzlich mit PU-Schaum verschlossen werden. Der luftdichte Anschluss ist mit geeigneten Klebebändern, Dichtungsschnüre und oder Dichtungsmasse herzustellen.

**Bild 10: Terrassentüre zwischen B 455 und B 456**







## 7 Abschließende Beurteilung

Zusammenfassend wurden folgende Leckagen/Undichtheiten festgestellt

- Sehr undichte Zugangstüren zum Innenhof

Türen sollten nachgestellt bzw. mit geeigneten Dichtungen versehen werden. Aufgrund des Alters und Zustands der Türen ist das Nachrüsten mit einer ab-senkbaren Bodendichtung wahrscheinlich nicht mehr sinnvoll. Mit einer Bürsten-dichtung kann aber auch hier die Leckage deutlich verringert werden.

- Undichtheiten im Anschlussbereich der Fenster/Fassade an den Baukörper (meist kleinere Undichtheiten).

Allgemein lässt sich sagen, dass je größer die Fuge optisch sichtbar war, umso größer war der Luftströmung in diesem Bereich. Fugen könnten hier zumindest mittelfristig durch eine dauerelastische Fuge verschlossen werden.

- Kleiner Undichtheiten in den außenliegenden Besprechungsräume

Aufgrund der hier ausgeführten Innendämmung mit Gipskartonverkleidung ist es ratsam diesen Bereich näheres zu untersuchen. Es könnte sich hier eventuell Schimmelbildung im Aufbau der Innendämmung gebildet haben.

- Große Undichtheiten in den Eckräumen im Brüstungsbereich

Diese Bereiche sollte detaillierter untersucht werden um die Ursache der Undicht-heit festzustellen und geeignete Abdichtungsmaßnahmen treffen zu können.

- Große Undichtheiten im Trennwandbereich der WC's

Diese Bereiche sollten detaillierter untersucht werden um die Ursache der Un-dichtheit festzustellen und geeignete Abdichtungsmaßnahmen treffen zu können.

- Kleiner bis mittelgroße Undichtheiten an den Kopfen in den Flurbereichen (bzw. auch Kopierräumen)

Hier sollte die Deckenverkleidung abgenommen werden, um diese Bereiche de-taillierter zu untersuchen. Abdichtungsmaßnahmen können dann entsprechend festgelegt werden.

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtkeitsmessung Züblin ZH-B-Block

---

Die Fensterdichtung zwischen Rahmen und Flügel sind überwiegend noch funktionsfähig. Nur vereinzelt (<10 %) wurden kleiner Leckagen in diesem Bereich festgestellt.

Auf das Gesamtgebäude bezogen wurden teilweise größere Undichtheiten (siehe oben) festgestellt. Aufgrund der ausgeführten Baukonstruktion (mehrschichtige Fertigteilbauweise) ist eine konsequent ausgeführte dauerhafte luftdichte Ebene und Anschlüsse besonders wichtig, da feuchte warme Luft in die Bauteilkonstruktion eindringen könnte und in dieser dann Tauwasser auskondensieren kann. Bei Tauwasserausfall innerhalb der Konstruktion ist es möglich, dass im Bauteilaufbau Schimmel entsteht, des Weiteren ist es auch vorstellbar, dass je nach der Größe der Leckage und der baulichen Ausbildung des betroffenen Details im Winter Eiszapfenbildung auftreten kann.

Schäden aufgrund einer undichten Bauausführung sind uns an diesem Gebäude nicht bekannt. Bei einem Austausch der Fenster im Zuge einer Sanierung sollte die Ausführung der Anschlussdetails an die Wandkonstruktion besonders beachtet werden.

Bezogen auf die damals ausgeführte Fertigteil-Bauweise des Gebäudes wird dem Gebäude im Vergleich mit ähnlichen Verwaltungsgebäuden dieses Baualters eine durchschnittliche Gebäudedichtheit mit einer Luftwechselrate von  $n_{50} = 3,2$  1/h zuerkannt. Im Rahmen einer Generalsanierung der Fassade und einer Umsetzung aktueller Dichtungstechniken beim Anschluss der Fenster und Fassadenelemente an die Massivwandteile erscheint es als möglich, dass die Gebäudehülle den Dichtheitsgrad eines neuen Gebäudes nach der Sanierung erreichen kann.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin ZH-B-Block

---

Stuttgart, den 19.12.2008

EGS-plan

Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH

i. A. Jürgen Beck-Bazlen

Dipl.-Ing.(FH)

Bauphysiker

Anlagen:

1 Messprotokoll

# Zertifikat

## über die Qualität der luftdichten Gebäudehülle

Das Gebäude/Objekt:

Züblinggebäude-Block-B (1.OG - 5. OG)

Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

hat am: 15.11.2008

bei der Messung der Luftdichtheit nach DIN EN 13829, Verfahren B  
folgenden Wert für die volumenbezogene Luftdurchlässigkeit erzielt:

$$n_{50} = 3.2 \text{ 1/h}$$

Die Anforderungen an die Luftdichtheit nach EnEV betragen  
bei Gebäuden ohne raumluftechnische Anlagen:

$$n_{50} = 3 \text{ 1/h}$$

**Durch die partielle Messung des Gebäudes beinhaltet der gemessene Luftwechsel auch interne Leckageströme welche den Messwert verschlechtert. Es ist davon auszugehen, dass ohne diese internen Leckagen der von der Norm geforderte Wert eingehalten werden würde.**

Stuttgart 19.12.2008

Jürgen Beck-Bazlen

EGS-Plan  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Verfahren B

### Gebäudedaten und MessSystem



#### Gebäude

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
| Objekt:  | Züblingebäude-Block-B (1.OG - 5. OG) |
| Adresse: | Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart     |
|          | Baujahr: 1983                        |
|          | Messdatum: 15.11.2008                |

#### Auftraggeber

|          |            |
|----------|------------|
| Name:    | Fa. Züblin |
| Adresse: |            |
| Telefon: |            |
| Fax:     |            |

#### Auftragnehmer

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Name: EGS-Plan                              | Prüfer/in: Jürgen Beck-Bazlen |
| Adresse: Gropiusplatz 10<br>70563 Stuttgart | Telefon: 0711 / 9900775       |
|   | Fax: 0711 / 9900799           |

#### Prüfverfahren

|            |          |                          |
|------------|----------|--------------------------|
| Verfahren: | B        | Prüfung der Gebäudehülle |
| Norm:      | EN 13829 |                          |
| Bemerkung: |          |                          |

#### Prüfobjekt

|   |  |                  |                         |
|---|--|------------------|-------------------------|
| Messgegenstand:   | Verwaltungsgebäude   |                  |                         |
| Innenvolumen V:   | 14646 m <sup>3</sup>   | Fehler: +/- 12 % | Bezugsgrößenberechnung: |
| Nettogrundfläche A <sub>F</sub> :   |  |                  |                         |
| Hüllfläche A <sub>E</sub> :   |  |                  |                         |
| Lüftungsanlage:   | <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein |                  |                         |
| Heizungsanlage:   | Zentrale Warmwasserheizung   |                  |                         |
| Klimaanlage:  | nein   |                  |                         |
| <p>Ausführliche Angaben zum Gebäudezustand, den temporären Abdichtungen sowie dem Zustand aller Öffnungen befinden sich auf den kommenden Seiten.</p> |  |                  |                         |

#### Messgeräte

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| MessSystem:      | Messung mit mehreren Gebläsen |
| Sonstige Geräte: |                               |

# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Berechnungsgrundlage EN 13829, Verfahren B

### Messung mit mehreren Gebläsen



|   |  |
|---|--|
| Objekt : <u>Züblingebäude-Block-B (1.OG - 5. OG)</u><br>70567 Stuttgart | Prüfer/in: <u>Jürgen Beck-Bazlen</u><br>Datum: <u>15.11.2008</u> |
|---|--|

#### Klimadaten

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| Innentemperatur: <u>21 °C</u>          | Luftgeschwin. Anemom.: <u>2.0 m/s</u>                 | Referenzdruckmessstellen: <u>4</u> |
| Außentemperatur: <u>8 °C</u>           | Windstärke: <u>3</u>                                  | Gebäudestandort: <u>B</u>          |
| Luftdruck (Standard): <u>101325 Pa</u> | Zusätzliche Messunsicherheit infolge Wind: <u>5 %</u> |                                    |

#### Unterdruck

| Natürliche | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Druckdiff. | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Überdruck

| Natürliche | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Druckdiff. | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Messreihen

| Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_r$ | Abwei-<br>chung | Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_r$ | Abwei-<br>chung |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             | O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             |
| $\Delta p_{01}$ | -2.0              | —                 | —                       | —               | $\Delta p_{01}$ | -2.0              | —                 | —                       | —               |
| 0               | -29               | 2429              | 33462                   | -3.73           | 0               | 33                | 2143              | 31433                   | -1.07           |
| 0               | -26               | 2050              | 30747                   | -3.17           | 0               | 29                | 1911              | 29690                   | 0.11            |
| 0               | -22               | 1603              | 27191                   | -1.52           | 0               | 25                | 1629              | 27411                   | -0.04           |
| 0               | -18               | 1288              | 24383                   | 4.80            | 0               | 21                | 1364              | 25086                   | 0.20            |
| 0               | -15               | 940               | 20829                   | 4.98            | 0               | 17                | 1115              | 22690                   | 1.01            |
| 0               | -12               | 674               | 17643                   | 8.74            | 0               | 13                | 834               | 19626                   | -0.09           |
| 0               | -9                | 281               | 11405                   | -7.58           | 0               | 9                 | 599               | 16636                   | 0.99            |
| 0               | -6                | 135               | 7915                    | -1.48           | 0               | 5                 | 344               | 12609                   | -1.09           |
| $\Delta p_{02}$ | -2.0              | —                 | —                       | —               | $\Delta p_{02}$ | -2.0              | —                 | —                       | —               |

|                                     |       |                     |           |                                     |       |                     |           |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|
| Korrelationskoef. r:                | 0.994 | Vertrauensintervall |           | Korrelationskoef. r:                | 1.000 | Vertrauensintervall |           |
| $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 2656  | max. 3306           | min. 2134 | $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 4329  | max. 4518           | min. 4148 |
| $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 2682  | max. 3339           | min. 2155 | $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 4323  | max. 4511           | min. 4143 |
| n [-]                               | 0.77  | max. 0.85           | min. 0.68 | n [-]                               | 0.57  | max. 0.58           | min. 0.55 |

#### Ergebnis, Kenngrößen

|                   |                   |             |
|-------------------|-------------------|-------------|
| Innenvolumen:     | Nettogrundfläche: | Hüllfläche: |
| 14646 m³ +/- 12 % |                   |             |

|            | $V_{50}$<br>m³/h | Unsicher-<br>heit<br>% | $n_{50}$<br>h <sup>-1</sup> | Unsicher-<br>heit<br>% | $W_{50}$<br>m³/m²h | Unsicher-<br>heit<br>% | $Q_{50}$<br>m³/m²h | Unsicher-<br>heit<br>% |
|------------|------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| Unterdruck | <b>53907</b>     | +/- 17 %               | 3.7                         | +/- 21 %               |                    |                        |                    |                        |
| Überdruck  | <b>39800</b>     | +/- 11 %               | 2.7                         | +/- 16 %               |                    |                        |                    |                        |
| Mittelwert | <b>46854</b>     | +/- 14 %               | <b>3.2</b>                  | +/- 18 %               |                    |                        |                    |                        |

|                                 |          |     |  |  |  |  |
|---------------------------------|----------|-----|--|--|--|--|
| Anforderungen nach: <b>EnEV</b> | <b>3</b> | 1/h |  |  |  |  |
|---------------------------------|----------|-----|--|--|--|--|

**Bemerkung:** Das Messergebnis schließt (verdeckte) Mängel in der Konstruktion nicht aus. Durch die partielle sind im Messergebnis interne Leckageströme enthalten.

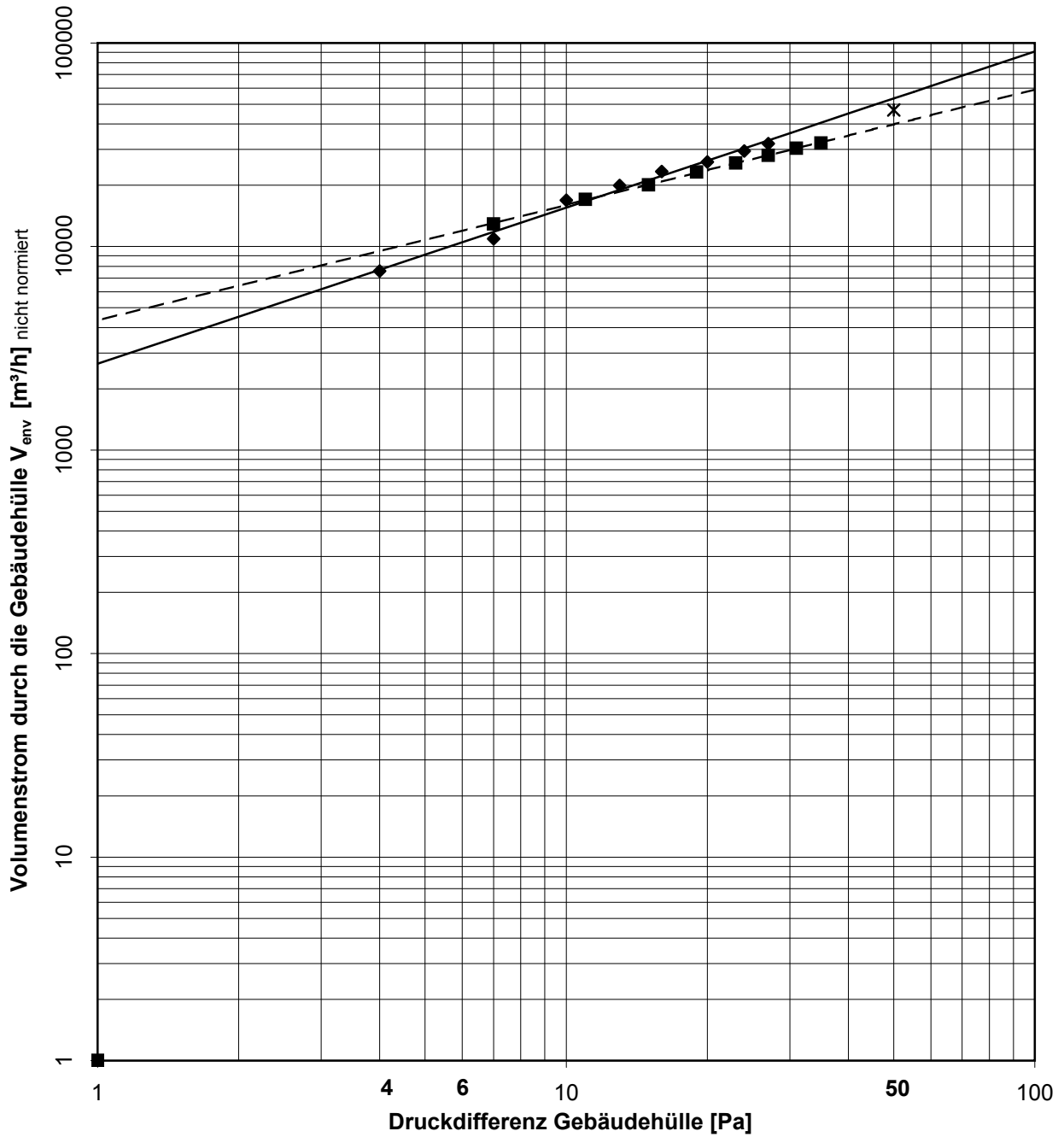
**Auftragnehmer :**  
EGS-Plan  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

**Bearbeiter/in :** Jürgen Beck-Bazlen  
Tel : 0711 / 9900775

19.12.2008

Unterschrift

**BlowerDoor-Leckagekurve**  
Objekt: Züblingebäude-Block-B (1.OG - 5. OG)



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- Volumenstrom Überdruck [ $m^3/h$ ]
- Regressionsgerade Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- - - Regressionsgerade Überdruck [ $m^3/h$ ]
- x Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [ $m^3/h$ ]

# **MESSBERICHT LUFTDICHTIGKEITSMESSUNG**

nach DIN EN 13829

für das Büro- und Verwaltungsgebäude

**ED ZÜBLIN AG**

**GEBÄUDE Z2**

**IN STUTTGART-MÖRINGEN**

im Auftrag der Ed. Züblin AG Stuttgart





Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

**Auftraggeber:**

**Ed. Züblin AG**

Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

**Auftragnehmer:**

**EGS-plan Ingenieurgesellschaft für  
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH**

Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

Fon (07 11) 9 90 07 – 5

Fax (07 11) 9 90 07 – 99

Internet: [www.egs-plan.de](http://www.egs-plan.de)

e-mail: [info@egs-plan.de](mailto:info@egs-plan.de)

Projektleitung:

Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung:

Dipl.-Ing.(FH) Jürgen Beck-Bazlen

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Situation und Aufgabenstellung</b> .....                  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beschreibung des Gebäudes</b> .....                       | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Zeit und Ort der Messung</b> .....                        | <b>6</b>  |
| <b>4</b> | <b>Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche</b> .....        | <b>7</b>  |
| 4.1      | <i>Normen, Richtlinien, Unterlagen</i> .....                 | 7         |
| 4.2      | <i>Ablauf der Messung</i> .....                              | 7         |
| 4.2.1    | <i>Messprinzip</i> .....                                     | 7         |
| 4.2.2    | <i>Gebäudezustand -präparation</i> .....                     | 8         |
| <b>5</b> | <b>Messung der Luftwechselrate <math>n_{50}</math></b> ..... | <b>9</b>  |
| <b>6</b> | <b>Leckagen/Undichtigkeiten</b> .....                        | <b>10</b> |
| <b>7</b> | <b>Abschließende Beurteilung</b> .....                       | <b>17</b> |

## ANLAGEN



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtheitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

## 1 Situation und Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes sind an ausgewählten Verwaltungsgebäuden unter anderem Luftdichtheitsmessungen zur Bewertung der Dichtheit von Gebäuden durchzuführen. Im Rahmen dieser Messungen sollen auch die wesentlichen Gebäudeleckagen festgestellt und protokolliert werden.

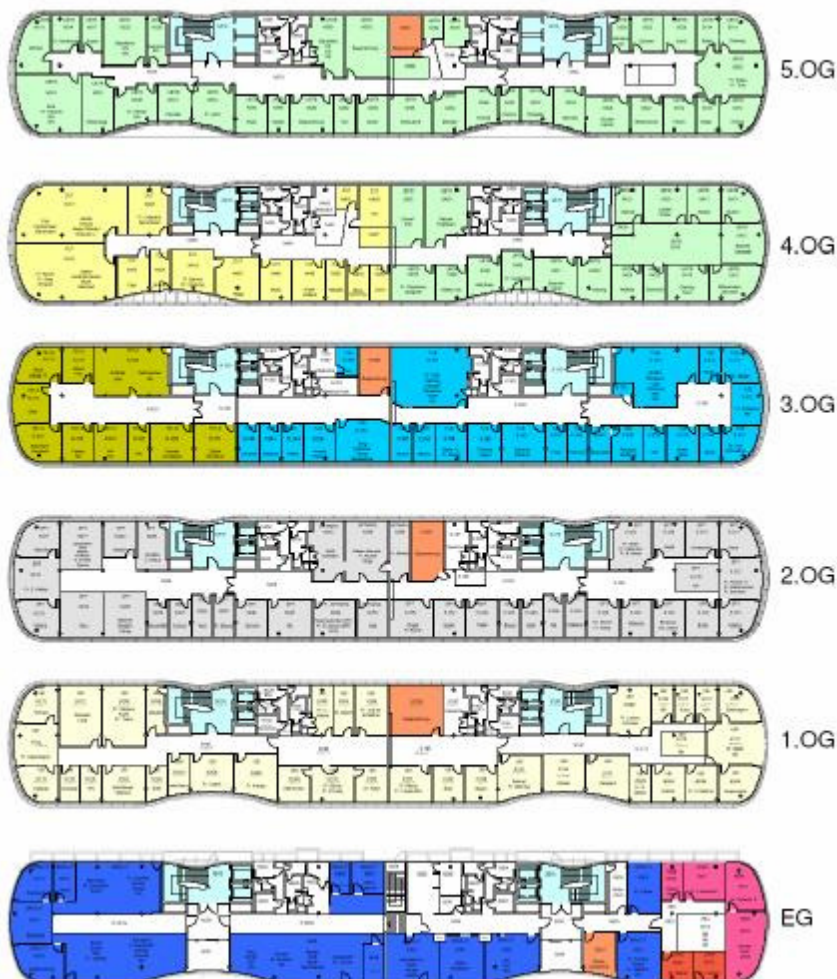
Die Ergebnisse sind im folgenden Bericht dokumentiert.

## 2 Beschreibung des Gebäudes

Bei dem Gebäude (Baujahr 2002) handelt es sich um ein 6-geschossiges Verwaltungsgebäude mit Tiefgarage und einem Flachdach. Die Grundabmessungen betragen ca. L=92 m x B=15,25 x H=21 m mit nach EnEV insgesamt 23.570 m<sup>3</sup> Gebäudeluftvolumen.

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt worden und weist im Erdgeschoss eine raumhohe Pfosten-Riegel-Fassade auf. In den Obergeschossen sitzt auf einer massiven Brüstung ein durchlaufendes Fensterband auf. Das Gebäude wird über 2 Zugänge mit je einem Treppenhaus und jeweils 2 Aufzügen erschlossen.

Bis auf einige Bereiche (Sanitäranlage, Serverräume) wird das Gebäude natürlich über Fensterlüftung belüftet.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

### **3 Zeit und Ort der Messung**

Die Messungen wurden am Samstag, den 18. Oktober 2008 im Rahmen eines Ortstermins durchgeführt.

Die Messungen wurden im Büro- und Verwaltungsgebäude Z2 in Stuttgart-Möhringen Vaihingerstr. 161 u. 163, 70567 Stuttgart.

Die Messung wurde durchgeführt von: Dipl. Ing. (FH) Jürgen Beck-Bazlen

## **4 Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche**

### **4.1 Normen, Richtlinien, Unterlagen**

Für den vorliegenden Messbericht wurden folgende Normen, Richtlinien und Unterlagen zugrunde gelegt:

/1/ DIN EN 13829 Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden -  
Differenzdruckverfahren, Ausgabe 02-2001

Erläuterungen/Beiblatt zur DIN EN 13829, erstellt durch den Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB), Ausgabe 10/2002

Schematische Grundrisspläne

### **4.2 Ablauf der Messung**

#### **4.2.1 Messprinzip**

Für die Messung der Luftdichtheit bzw. für eine Leckagesuche einer Wohnung oder eines Gebäudes wird ein Ventilator/Gebläse (Blower-Door, Modell 3) luftdicht in die Öffnung einer Eingangstüre eingebaut. Bei Ventilatorbetrieb und geschlossenen Fenstern kann im Gebäude eine Druckdifferenz (Unterdruck und/oder Überdruck) zur Außenluft erzeugt werden. Die Höhe der Druckdifferenz (ca. 10 bis 60 Pascal) ist über die Ventilatorzahl einstellbar.

Eine Norm-Messung nach DIN EN 13829 für das gesamte Gebäudes mit Bestimmung der Luftwechselrate  $n_{50}$  wurde jeweils bei Über- und Unterdruck durchgeführt. Das Messprotokoll ist diesem Bericht als Anlage beigefügt.

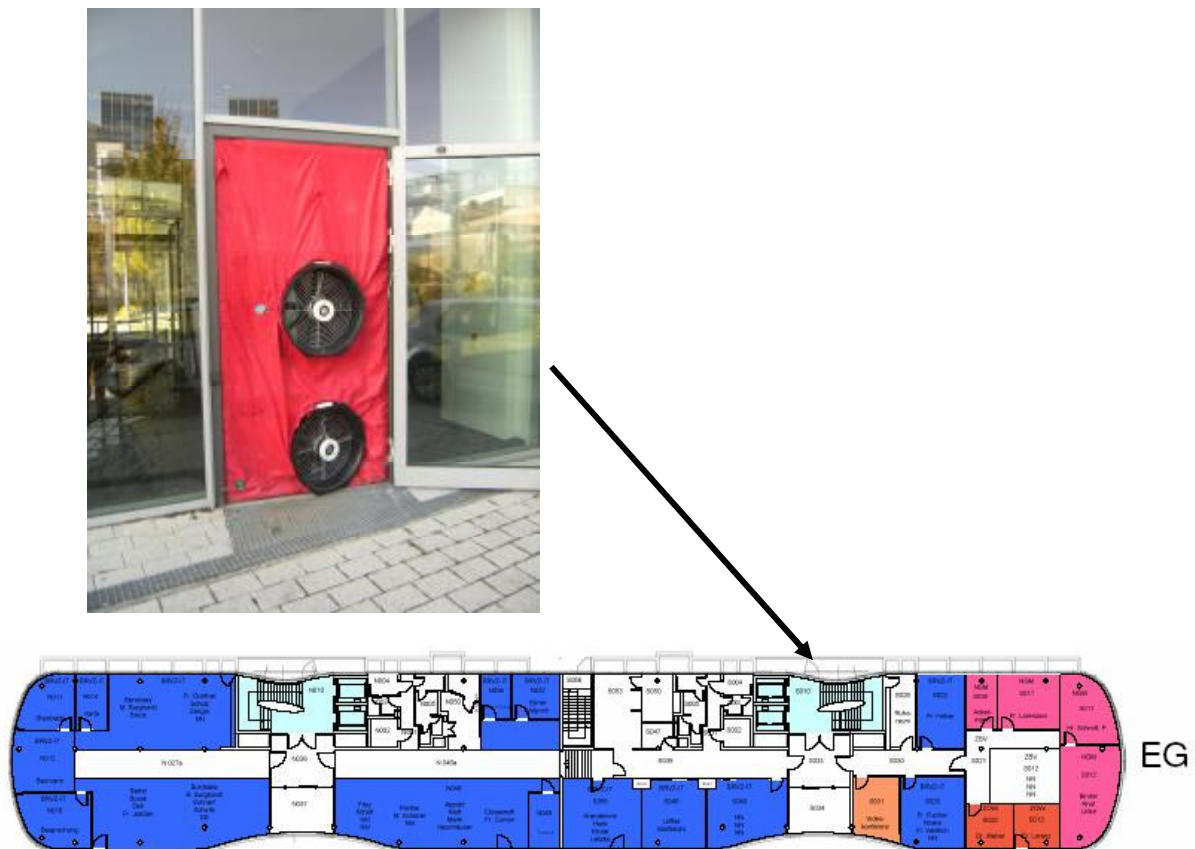
Die Leckagesuche wurde bei Unterdruck mit einer Druckdifferenz von  $\Delta p = 50$  Pa durchgeführt. Die festgestellten Leckagen wurden protokolliert.

## 4.2.2 Gebäudezustand -präparation

Während der Messungen wurde das Gebäude nicht genutzt. Offene Fenster bzw. Türen zu unbeheizten Räumen wurden verschlossen ansonsten blieben die Türen innerhalb des Gebäudes geöffnet. Im Erdgeschoss war der nördliche Gebäudeteil (ab Raum N049) nicht zugänglich und wurde bei der Messung/Leckagesuche nicht berücksichtigt. Ansonsten standen bis auf einzelne Büroräume alle Räumlichkeiten für die Messungen zur Verfügung

Die Luftdichtheitsmessungen wurde mit 2 Gebläse (Typ BLOWERDOOR Modell 3) durchgeführt. Diese wurden im Notausgang auf der Ostseite im Erdgeschoss eingebaut.

**Bild 1: Einbau Gebläse**



Die Abluftventilatoren und Entrauchungsöffnungen der Fahrstühle wurden auf dem Dach abgedichtet. Lüftungsgitter im Treppenaufgang 5. OG konnten nicht verschlossen, Luftströmungen in diesem Bereich fließen in das Messergebnis mit ein.

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

## 5 Messung der Luftwechselrate $n_{50}$

Nachfolgend sind die Messungen der Gebäudeluftdichtheit nach DIN EN 13829 aufgeführt. Das detaillierte Messprotokoll ist als Anlage beigefügt.

Angerechnetes beheizbares Gebäudeluftvolumen:  $V = 23475 \text{ m}^3$

Gemessene Luftwechselrate  $n_{50} = 0,56 \text{ 1/h}$

Anforderungen nach DIN 4108-7  $n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$  Gebäude die über eine Lüftungsanlage belüftet werden.

$n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$  Gebäude die über Fensterlüftung belüftet werden.

Die Anforderung für natürlich belüftete Gebäude von  $n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$  wird von dem hier untersuchten Gebäude mit einer gemessenen Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,56 \text{ 1/h}$  deutlich unterschritten und somit eingehalten.

## 6 Leckagen/Undichtigkeiten

Bei einer Gebäudedruckdifferenz von  $\Delta p = 50$  Pa wurde das Gebäude raumseitig auf Leckagen und Undichtheiten untersucht.

Um die Leckagen besser erkennen zu können, wurde ein Nebelgenerator eingesetzt, so dass bei der Unterdruckmessung die nach innen einströmende Luft erkennbar wird. Des Weiteren wurde mittels eines Anemometers die Strömungsgeschwindigkeit der Leckage festgestellt.

Nachfolgend sind die bei Unterdruck festgestellten Leckagen aufgeführt. Leckagen, die wiederholt bzw. systembedingt öfters auftreten werden hier nur exemplarisch für das gesamte Gebäude aufgeführt.

### Bild 2: Eingang Stahltüre Tiefgarage



Längsfuge auf der Türöffnerseite und die Bodenfuge sind undicht. Die umlaufende Lippendichtung weist nur einen sehr geringen Federweg auf. Eine Bodendichtung war nicht vorhanden.















Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

**Bild 11: 5.OG S549 (Besprechungsraum)**



Kippfenster defekt.

Maßnahmenvorschlag: Fenster zeitnah reparieren.

## 7 Abschließende Beurteilung

Zusammenfassend wurden folgende Leckagen/Undichtheiten festgestellt

- Undichte Stahltüren zur Tiefgarage (Große Undichtheiten)

Ursache sind hier fehlende Türdichtungen bzw. eine fehlende absenkbare Bodendichtung

- Undichte Schiebeeingangstüren (Große Undichtheiten)

Die Undichtheiten sind systembedingt oft nicht vermeidbar. Ggf. ist hier beim Türhersteller nachzufragen, inwieweit die Türanlage nachgebessert werden kann.

- Undichtheiten im Anschlussbereich der Fassade an den Baukörper (kleinere bis mittelgroßen Undichtheiten).

Allgemein lässt sich sagen, dass je größer die Fuge optisch sichtbar war, umso größer war der Luftströmung in diesem Bereich. Fugen könnten hier zumindest mittelfristig durch eine dauerelastische Fuge verschlossen werden.

- Undichte Fensterprofilabdeckungen (kleine Undichtheiten)

Je größer die sichtbare Stoßfuge, umso größer die Luftströmung in diesem Bereich.

Auf das Gesamtgebäude bezogen wurden keine großen gravierenden Undichtheiten festgestellt. Kleinere Leckagen besonders im Anschlussbereich der Fassade sind in der baupraktischen Ausführung oft nicht vermeidbar bzw. es können abgedichtete Anschlüsse im Laufe der Zeit auch undichter werden. Schäden aufgrund einer undichten Bauausführung sind uns an diesem Gebäude nicht bekannt.

Beim Messergebnis ist besonders auffällig, dass der Überdruckmesswert höher ist als der Unterdruckmesswert. Eine Teilerklärung liefert, dass die Abdichtungsmaßnahmen der Aufzugsentrauchungsöffnungen sich wohl bei Überdruck etwas geöffnet haben. Eine weitere Erklärung konnte im Rahmen der Messung nicht ermittelt werden. Plausibel wäre eine Lüftungseinrichtung mit einer Rückschlagklappe, welche bei Überdruck den Durchgang öffnet. Eine derartige Lüftungsleitung konnte jedoch während der Messung nicht erkannt werden.

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung Züblin Gebäude Z2

---

Im Vergleich zu anderen Verwaltungsgebäuden wurde eine günstige Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,56$  1/h festgestellt.

Stuttgart, den 28.11.2008

EGS-plan

Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH

i. A. Jürgen Beck-Bazlen

Dipl.-Ing.(FH)

Bauphysiker

Anlagen:

1 Messprotokoll

# Zertifikat

## *über die Qualität der luftdichten Gebäudehülle*

Das Gebäude/Objekt:

**Gebäude Z2**

**Vaihingerstr. 161 u. 163  
70567 Stuttgart**

hat am: 18.10.2008

bei der Messung der Luftdichtheit nach DIN EN 13829, Verfahren B  
folgenden Wert für die volumenbezogene Luftdurchlässigkeit erzielt:

$$n_{50} = 0.56 \text{ 1/h}$$

Die Anforderungen an die Luftdichtheit nach EnEV betragen  
bei Gebäuden ohne raumluftechnische Anlagen:

$$n_{50} \quad \quad \quad 3 \quad \text{1/h}$$

Stuttgart 30.01.2009

Jürgen Beck-Bazlen

EGS-Plan  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart



# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Verfahren B

### Gebäudedaten und MessSystem



#### Gebäude

|          |   |
|----------|---|
| Objekt:  | Gebäude Z2                                  |
| Adresse: | Vaihingerstr. 161 u. 163<br>70567 Stuttgart |
|          | Baujahr: 2002                               |
|          | Messdatum: 18.10.2008                       |

#### Auftraggeber

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| Name:    | Fa. Züblin                       |
| Adresse: | Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart |

#### Auftragnehmer

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Name: EGS-Plan                              | Prüfer/in: Jürgen Beck-Bazlen |
| Adresse: Gropiusplatz 10<br>70563 Stuttgart | Telefon: 0711 / 9900775       |
|   | Fax: 0711 / 9900799           |

#### Prüfverfahren

|            |             |                          |
|------------|-------------|--------------------------|
| Verfahren: | B           | Prüfung der Gebäudehülle |
| Norm:      | EN 13829    |                          |
| Bemerkung: | <hr/> <hr/> |                          |

#### Prüfobjekt

|   |  |                  |                         |
|---|--|------------------|-------------------------|
| Messgegenstand:   | Verwaltungsgebäude   |                  |                         |
| Innenvolumen V:   | 23570 m³   | Fehler: +/- 12 % | Bezugsgrößenberechnung: |
| Nettogrundfläche A <sub>F</sub> :   | <hr/>  |                  |                         |
| Hüllfläche A <sub>E</sub> :   | <hr/>  |                  |                         |
| Lüftungsanlage:   | <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein |                  |                         |
| Heizungsanlage:   | Zentrale Warmwasserheizung   |                  |                         |
| Klimaanlage:  | nein   |                  |                         |
| <p>Ausführliche Angaben zum Gebäudezustand, den temporären Abdichtungen sowie dem Zustand aller Öffnungen befinden sich auf den kommenden Seiten.</p> |  |                  |                         |

#### Messgeräte

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| MessSystem:      | Messung mit mehreren Gebläsen |
| Sonstige Geräte: | <hr/> <hr/>                   |

# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Berechnungsgrundlage EN 13829, Verfahren B

### Messung mit mehreren Gebläsen



|  |  |
|--|--|
| Objekt : <u>Gebäude Z2</u><br><u>70567 Stuttgart</u> | Prüfer/in: <u>Jürgen Beck-Bazlen</u><br>Datum: <u>18.10.2008</u> |
|--|--|

#### Klimadaten

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| Innentemperatur: <u>21 °C</u>          | Luftgeschwin. Anemom.: <u>2.0 m/s</u>                 | Referenzdruckmessstellen: <u>4</u> |
| Außentemperatur: <u>15 °C</u>          | Windstärke: <u>3</u>                                  | Gebäudestandort: <u>B</u>          |
| Luftdruck (Standard): <u>101325 Pa</u> | Zusätzliche Messunsicherheit infolge Wind: <u>5 %</u> |                                    |

#### Unterdruck

| Natürliche Druckdiff. | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Überdruck

| Natürliche Druckdiff. | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Messreihen

| Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_f$ | Abwei-<br>chung |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             |
| $\Delta p_{01}$ | -5.0              | —                 | —                       | —               |
| 0               | -60               | 324               | 12249                   | 2.11            |
| 0               | -52               | 274               | 11266                   | 3.36            |
| 0               | -45               | 219               | 10077                   | 1.99            |
| 0               | -38               | 181               | 9159                    | 4.23            |
| 0               | -31               | 119               | 7424                    | -2.29           |
| 0               | -24               | 72                | 5781                    | -7.89           |
| 0               | -19               | 47                | 4665                    | -10.47          |
| 0               | -11               | 25                | 3439                    | 10.61           |
| $\Delta p_{02}$ | -5.0              | —                 | —                       | —               |

| Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_f$ | Abwei-<br>chung |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             |
| $\Delta p_{01}$ | -5.0              | —                 | —                       | —               |
| 0               | 52                | 582               | 16398                   | 0.16            |
| 0               | 45                | 519               | 15489                   | 2.36            |
| 0               | 38                | 401               | 13617                   | -1.46           |
| 0               | 30                | 326               | 12285                   | 0.62            |
| 0               | 23                | 236               | 10454                   | -2.08           |
| 0               | 15                | 164               | 8722                    | 0.02            |
| 0               | 9                 | 105               | 6983                    | -0.76           |
| 0               | 3                 | 56                | 5086                    | 1.20            |
| $\Delta p_{02}$ | -5.0              | —                 | —                       | —               |

|                                     |       |                     |           |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|
| Korrelationskoef. r:                | 0.988 | Vertrauensintervall |           |
| $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 1024  | max. 1393           | min. 752  |
| $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 1031  | max. 1403           | min. 757  |
| n                                   | [-]   | max. 0.70           | min. 0.52 |

|                                     |       |                     |           |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|
| Korrelationskoef. r:                | 0.999 | Vertrauensintervall |           |
| $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 1456  | max. 1563           | min. 1357 |
| $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 1455  | max. 1561           | min. 1355 |
| n                                   | [-]   | max. 0.62           | min. 0.58 |

#### Ergebnis, Kenngrößen

|                   |                   |             |
|-------------------|-------------------|-------------|
| Innenvolumen:     | Nettogrundfläche: | Hüllfläche: |
| 23570 m³ +/- 12 % |                   |             |

|            | $V_{50}$     | Unsicher-<br>heit | $n_{50}$        | Unsicher-<br>heit | $w_{50}$ | Unsicher-<br>heit | $q_{50}$ | Unsicher-<br>heit |
|------------|--------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|
|            | m³/h         | %                 | h <sup>-1</sup> | %                 | m³/m²h   | %                 | m³/m²h   | %                 |
| Unterdruck | <b>11182</b> | +/- 14 %          | 0.47            | +/- 18 %          |          |                   |          |                   |
| Überdruck  | <b>15294</b> | +/- 11 %          | 0.65            | +/- 16 %          |          |                   |          |                   |
| Mittelwert | <b>13238</b> | +/- 12 %          | <b>0.56</b>     | +/- 17 %          |          |                   |          |                   |

|                                 |          |     |            |        |          |        |
|---------------------------------|----------|-----|------------|--------|----------|--------|
| Anforderungen nach: <b>EnEV</b> | <b>3</b> | 1/h | <b>7.8</b> | m³/m²h | <b>3</b> | m³/m²h |
|---------------------------------|----------|-----|------------|--------|----------|--------|

**Bemerkung:** Das Messergebnis schließt (verdeckte) Mängel in der Konstruktion nicht aus.

#### Auftragnehmer :

EGS-Plan  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

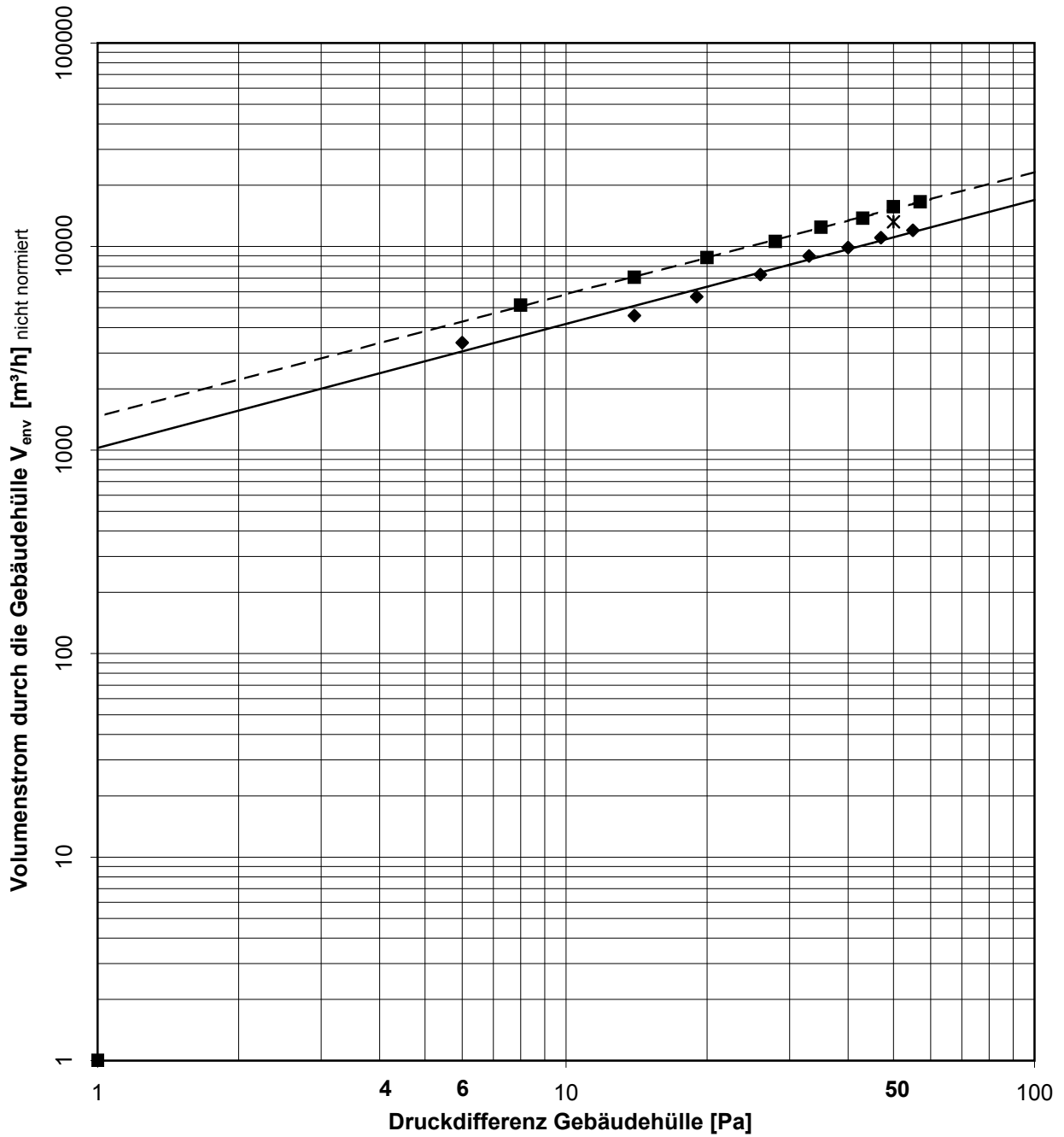
#### Bearbeiter/in : Jürgen Beck-Bazlen

Tel : 0711 / 9900775

30.01.2009

Unterschrift

BlowerDoor-Leckagekurve  
Objekt: Gebäude Z2



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- Volumenstrom Überdruck [ $m^3/h$ ]
- Regressionsgerade Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- - - Regressionsgerade Überdruck [ $m^3/h$ ]
- x Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [ $m^3/h$ ]

# **MESSBERICHT LUFTDICHTIGKEITSMESSUNG**

nach DIN EN 13829

für das Büro- und Verwaltungsgebäude

## **DVA-GEBÄUDE**

## **NECKARSTRASSE 121**

## **70567 STUTTGART**

im Auftrag der Ed. Züblin AG Stuttgart





Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

---

**Auftraggeber:**

**Ed. Züblin AG**

Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

:

**Auftragnehmer:**

**EGS-plan Ingenieurgesellschaft für  
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH**

Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

Fon (07 11) 9 90 07 – 5

Fax (07 11) 9 90 07 – 99

Internet: [www.egs-plan.de](http://www.egs-plan.de)

e-mail: [info@egs-plan.de](mailto:info@egs-plan.de)

Projektleitung:

Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung:

Dipl.-Ing.(FH) Jürgen Beck-Bazlen



## INHALTSVERZEICHNIS

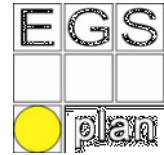
|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Situation und Aufgabenstellung</b> .....                  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beschreibung des Gebäudes</b> .....                       | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>Zeit und Ort der Messung</b> .....                        | <b>9</b>  |
| <b>4</b> | <b>Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche</b> .....        | <b>10</b> |
| 4.1      | <i>Normen, Richtlinien, Unterlagen</i> .....                 | 10        |
| 4.2      | <i>Ablauf der Messung</i> .....                              | 10        |
| 4.2.1    | <i>Messprinzip</i> .....                                     | 10        |
| 4.2.2    | <i>Gebäudezustand -präparation</i> .....                     | 11        |
| <b>5</b> | <b>Messung der Luftwechselrate <math>n_{50}</math></b> ..... | <b>12</b> |
| <b>6</b> | <b>Leckagen/Undichtigkeiten</b> .....                        | <b>13</b> |
| <b>7</b> | <b>Abschließende Beurteilung</b> .....                       | <b>22</b> |

### ANLAGEN

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtheitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

---



## 1 Situation und Aufgabenstellung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes sind an ausgewählten Verwaltungsgebäuden unter anderem Luftdichtheitsmessungen zur Bewertung der Dichtheit von Gebäuden durchzuführen. Im Rahmen dieser Messungen sollen auch die wesentlichen Gebäudeleckagen festgestellt und protokolliert werden.

Für das nachfolgende Verwaltungsgebäude sind Messungen des gesamten beheizten Gebäude durchzuführen.

Die Ergebnisse sind im folgenden Bericht dokumentiert.

## 2 Beschreibung des Gebäudes

Bei dem Gebäude (Baujahr ca. 50-iger Jahre) handelt es sich um ein 5 geschossiges Verwaltungsgebäude (eh. Sitz der Deutschen Verlags Anstalt DVA) mit Flachdach.

Das Gebäude ist in Massivbauweise mit einer Lochfassade erstellt worden. 2006 wurde das gesamte Gebäude von Grund auf saniert. Hierbei wurde die Haustechnik komplett erneuert, Fenster wurden ersetzt und die Fassade zusätzlich gedämmt. Das Gebäude inkl. Untergeschosse wird nahezu komplett beheizt und mechanisch be- und entlüftet.

Die beiden Untergeschosse bzw. Erdgeschoss bis 2. Obergeschoss werden im Moment genutzt. Die 3. und 4. Obergeschosse stehen leer und sind noch nicht ausgebaut; die luftdichten Anschlüsse sind aber auch hier vollständig ausgeführt. Raumseitige Verkleidungen fehlen allerdings noch größtenteils.

Die Untergeschosse bzw. das Erdgeschoss weisen die größte Grundflächen mit L=67 m x B=22 m auf. In den Regelgeschossen (1-OG – 3. OG) betragen die Gebäudeabmessung ca. L=67 m x B=13 m. Das 4. Obergeschoss ist mit L=67 m x B=10 m zurückgesetzt.

Das gesamte zu untersuchende umbaute Gebäudevolumen beträgt 22952 m<sup>3</sup>. Aus diesem Wert errechnet sich entsprechend der Berechnungsvorschrift zur Energieeinsparverordnung ein Innenvolumen von 18362 m<sup>3</sup>.

Das Gebäude wird über einen Haupteingang (Südwest-Richtung) mit großem Treppenhaus und einer Aufzugsanlage erschlossen. Zusätzlich ist der Zugang über einen Nebeneingang (Nordost-Richtung, mit Treppenhaus ohne Aufzug) möglich.

Für das Gebäude wird davon ausgegangen, dass dieses über die vorhandene Lüftungsanlage belüftet wird, auch wenn die Räume auf der Straßenabgewandten Seite teilweise keine Lüftungsöffnungen aufweisen.

Die Grundriss-Situation sind den nachfolgenden Abbildungen zu entnehmen.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

Abbildung 1: 2. Untergeschoss

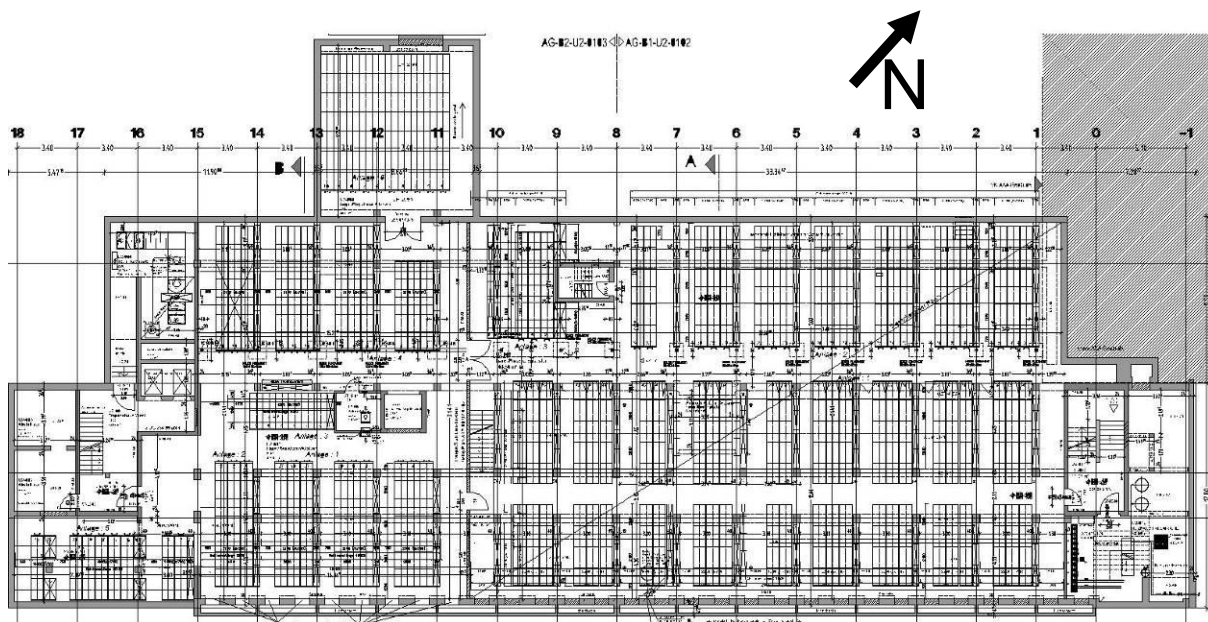
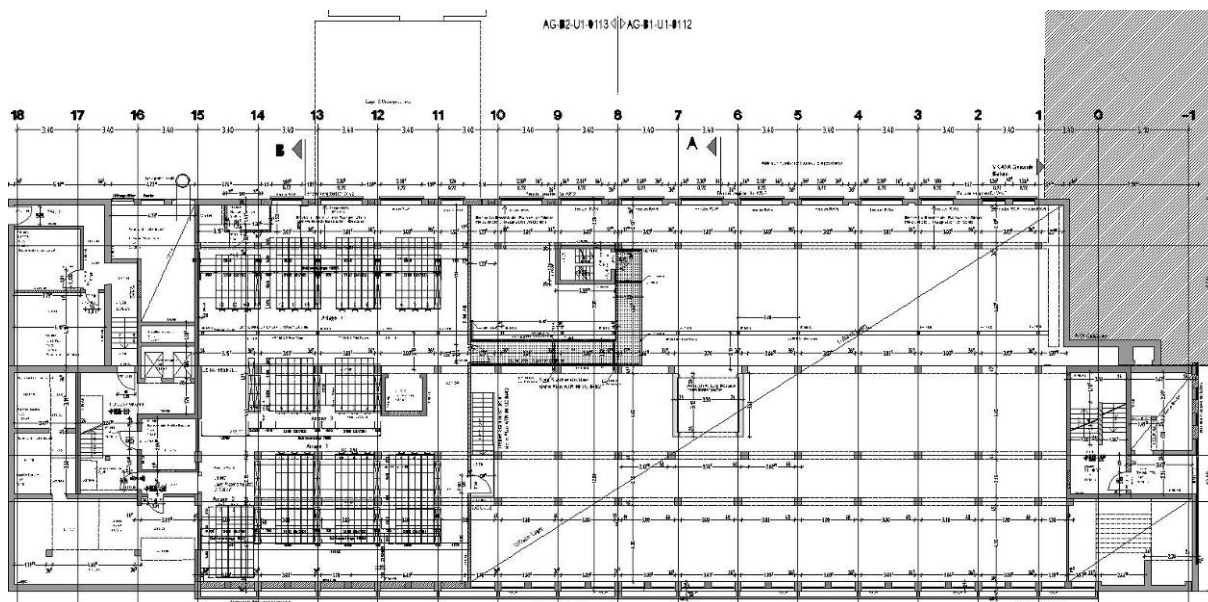
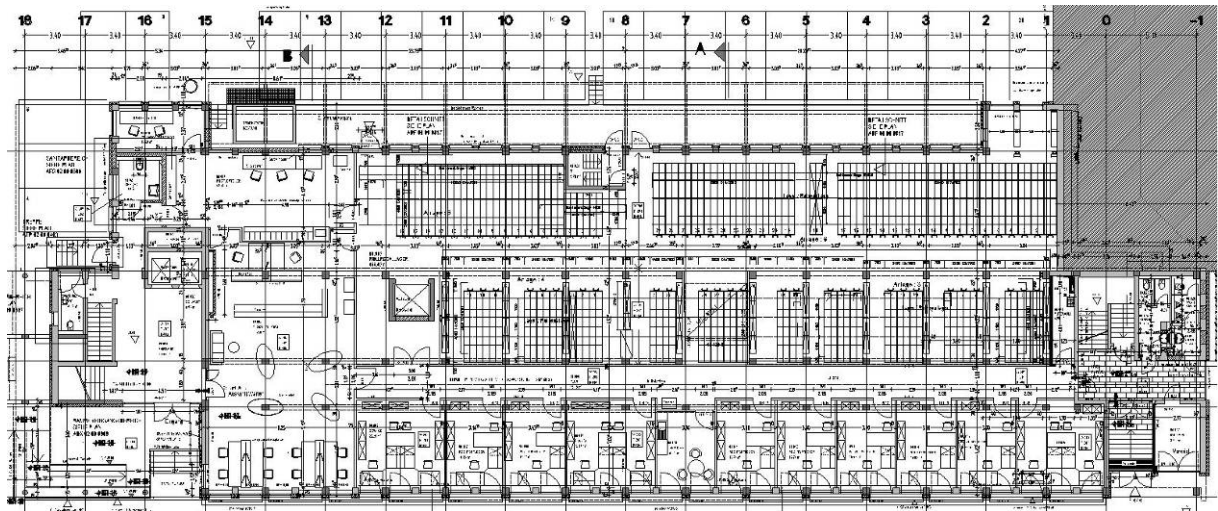


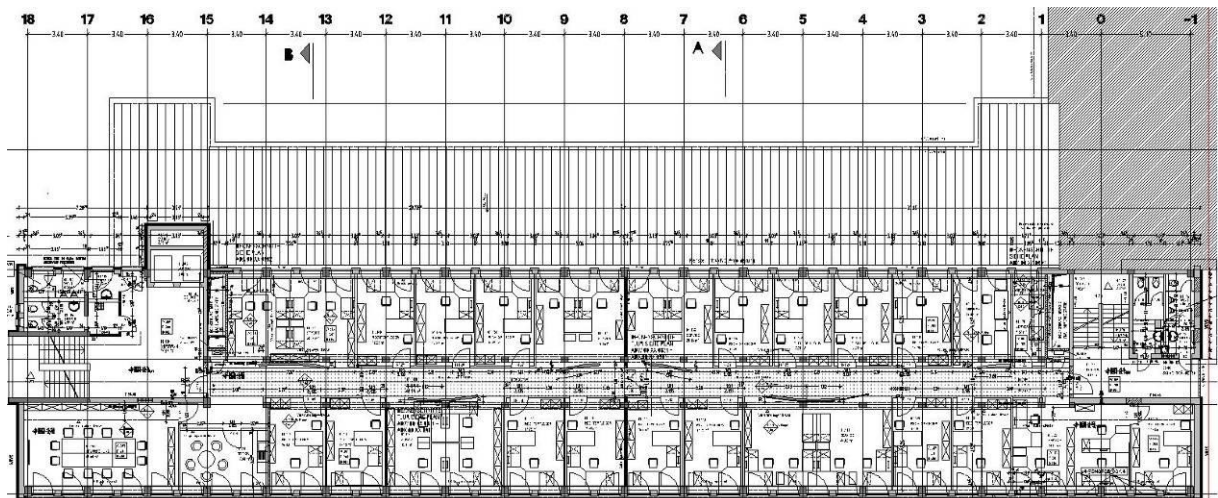
Abbildung 2: 1. Untergeschoss



**Abbildung 3: Erdgeschoss**



**Abbildung 4: 1. - 3. Obergeschoss**

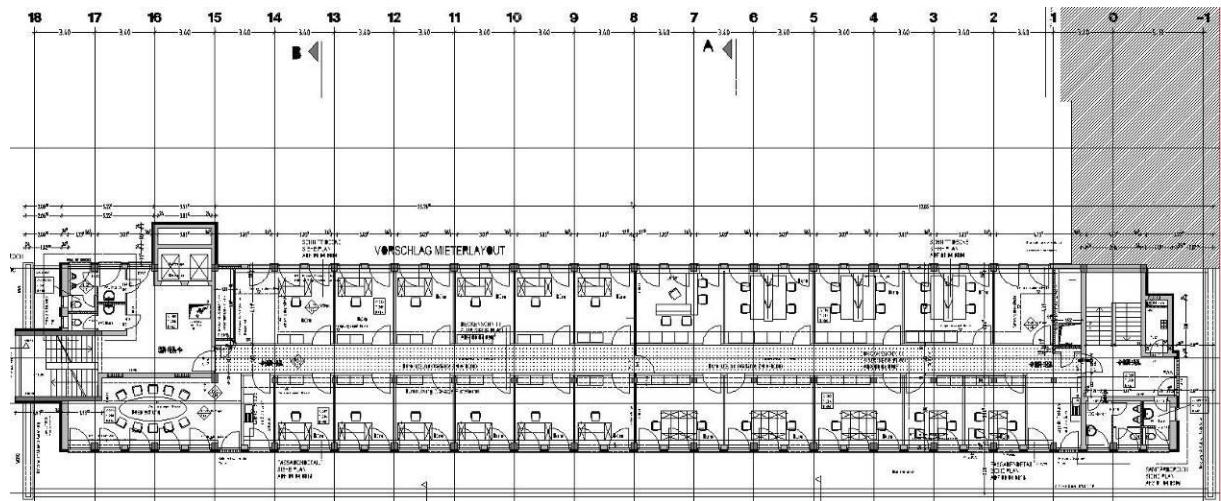




Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

**Abbildung 5: 4. Obergeschoss**



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

---

### 3 Zeit und Ort der Messung

Die Messungen wurden am Samstag, den 20. Dezember 2008 zwischen 9<sup>00</sup> – 16<sup>00</sup> Uhr im Rahmen eines Mess- und Ortstermins durchgeführt.

Die Messungen wurden im Büro- und Verwaltungsgebäude dem s. g. DVA-Gebäude in Stuttgart, Neckarstraße 121 durchgeführt.

Die Messung wurde durchgeführt von: Dipl. Ing. (FH) Jürgen Beck-Bazlen

## 4 Messung der Luftdichtigkeit/Leckagesuche

### 4.1 Normen, Richtlinien, Unterlagen

Für den vorliegenden Messbericht wurden folgende Normen, Richtlinien und Unterlagen zugrunde gelegt:

/1/ DIN EN 13829 Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden -  
Differenzdruckverfahren, Ausgabe 02-2001

Erläuterungen/Beiblatt zur DIN EN 13829, erstellt durch den Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen e.V. (FLiB), Ausgabe 10/2002

Schematische Grundrisspläne

### 4.2 Ablauf der Messung

#### 4.2.1 Messprinzip

Für die Messung der Luftdichtheit bzw. für eine Leckagesuche einer Wohnung oder eines Gebäudes wird ein Ventilator/Gebläse (z.B. Blower-Door, Modell 3 bzw. 4) luftdicht in die Öffnung einer Eingangstüre oder anderen geeigneten Öffnung eingebaut. Bei Ventilatorbetrieb und geschlossenen Fenstern kann im Gebäude eine Druckdifferenz (Unterdruck und/oder Überdruck) zur Außenluft erzeugt werden. Die Höhe der Druckdifferenz (ca. 10 bis 60 Pascal) ist über die Ventilatordrehzahl einstellbar.

Eine Norm-Messung nach DIN EN 13829 für das gesamte Gebäudes mit Bestimmung der Luftwechselrate  $n_{50}$  wurde jeweils bei Über- und Unterdruck durchgeführt. Bei Messungen großer Gebäude (ab 4000 m<sup>3</sup>) ist mindestens eine Druckdifferenz von  $\Delta p = 25$  Pa erforderlich. Das Messprotokoll ist diesem Bericht als Anlage beigefügt.

Die Leckagesuche wurde bei Unterdruck mit einer Druckdifferenz von  $\Delta p$  ca. 50 Pa durchgeführt. Die festgestellten Leckagen wurden protokolliert.

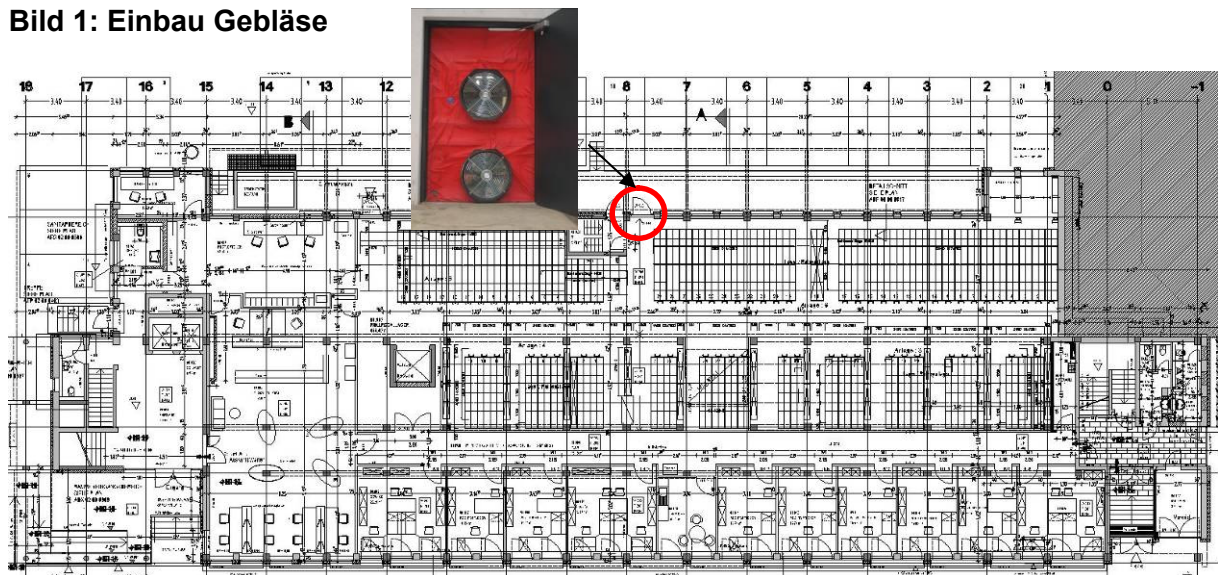
## 4.2.2 Gebäudezustand -präparation

Während der Messungen wurde das Gebäude nicht genutzt. Offene Fenster bzw. Türen zu unbeheizten Räumen wurden geschlossen ansonsten blieben die Türen innerhalb des Gebäudes geöffnet. Um einen Druckausgleich zwischen den einzelnen Geschossen zu ermöglichen, waren die Türen zu den Treppenhäusern geöffnet.

Die Öffnungen der Lüftungsanlage wurden zentral verschlossen. Die Abluftöffnungen der WC's auf dem Dach und die Entrauchungsöffnung des Aufzugsschachtes wurden auf dem Dach abgeklebt.

Die Luftdichtheitsmessungen wurden mit 2 Gebläse (Typ BLOWERDOOR Modell 3) durchgeführt. Diese wurden in eine Türöffnung zum Innenhof im Erdgeschoss auf der Nordwestseite eingebaut.

**Bild 1: Einbau Gebläse**



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

---

## 5 Messung der Luftwechselrate $n_{50}$

Nachfolgend sind die Messergebnisse der Gebäudeluftdichtheit nach DIN EN 13829 aufgeführt. Das detaillierte Messprotokoll ist als Anlage beigefügt.

Angerechnetes beheizbares Gebäudevolumen:  $V = 18362 \text{ m}^3$

Gemessene Luftwechselrate  $n_{50} = 0,57 \text{ 1/h}$

Anforderungen nach DIN 4108-7  $n_{50} = 3,0 \text{ 1/h}$  Gebäude die über Fensterlüftung belüftet werden.

$n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$  Gebäude die über eine Lüftungsanlage belüftet werden.

Die Anforderung für Gebäude mit Lüftungsanlage von  $n_{50} = 1,5 \text{ 1/h}$  wird von dem hier untersuchten Gebäude mit einer gemessenen Luftwechselrate von  $n_{50} = 0,57 \text{ 1/h}$  deutlich unterschritten und somit eingehalten.

## 6 Leckagen/Undichtigkeiten

Bei einer Gebäudedruckdifferenz von  $\Delta p$  ca. 50 Pa wurde das Gebäude raumseitig auf Leckagen und Undichtheiten untersucht.

Um die Leckagen besser erkennen zu können, wurde ein Nebelgenerator eingesetzt, so dass bei der Unterdruckmessung die nach innen einströmende Luft erkennbar wird.

Des Weiteren wurde mittels eines Anemometers die Strömungsgeschwindigkeit der Leckage festgestellt. Die Angabe der Luftgeschwindigkeit dient zu groben Einschätzung und Unterscheidung der Größe einer Leckage und muss immer in Verbindung mit der dazugehörigen Undichtheit und deren freien Öffnungsfläche bzw. Fugenbreite und Länge gesehen und beurteilt werden.

Nachfolgend sind die bei Unterdruck festgestellten Leckagen aufgeführt. Leckagen, die wiederholt bzw. systembedingt öfters auftreten werden hier nur exemplarisch für das gesamte Gebäude aufgeführt.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

**Bild 2: Oberlichter Südostseite (1. UG)**



Jedes 4. Oberlicht (Straßenseite, Südost) ist im Brüstungsbereich auf einer Breite von ca. 3 cm nicht angeputzt bzw. wurde bei der Sanierung die entstandene Fuge nicht vollständig geschlossen, sondern nur verfugt.

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

**Bild 3: Oberlichter Südostseite (1. UG)**



Ca. jedes 4. Oberlicht im UG (Straßenseite, Südost) kann über einen Stellmotor geöffnet werden. Dazugehörige Steuerleitungen sind seitlich am Rahmen von innen nach außen geführt worden, aber anschließend nicht luftdicht verschlossen. Hierdurch ergeben sich geringfügige Leckagen an den Durchstoßpunkten.

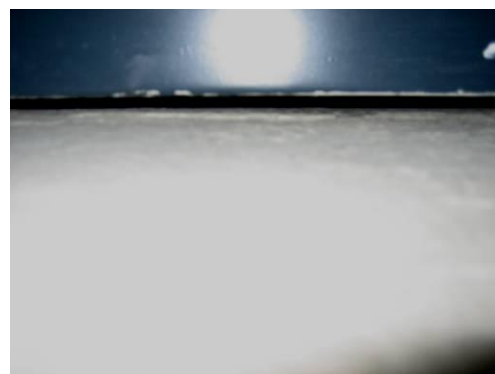


**Bild 5: Entrauchungsklappen (2. UG)**



Die Anschlussrahmen schließen nicht dicht an der Wand an. Die Klappen selbst sind im Wesentlichen ausreichend dicht.

**Bild 6: Türe zur Tiefgarage**



Keine Bodendichtung der Tiefgaragentüre. Der freie Lüftungsspalt beträgt ca. 10-15 mm. Hierdurch ergeben sich Luftgeschwindigkeiten an der Fuge von bis zu  $v=8$  m/s

Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

**Bild 7: Eingangsbereich EG**



Die Bodenfuge der Eingangstüre ist besonders am Anschlussbereich beider Türflügel unten sehr undicht. Die restlichen Dichtungen der Türe liegen ausreichend dicht an.

**Bild 8: Nebeneingänge Hofseite (Nordwest)**



V = 0.6 m/s

Die Bodenfuge der Nebeneingänge ist undicht.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

**Bild 9: Oberlichter Hofseite (Nordwest)**



Die unteren Eckanschlüsse der Oberlichter sind teilweise nicht ausreichend angeputzt bzw. verfugt worden, so dass an ca. 50 % dieser Fenster Undichtheiten aufgetreten sind.

**Bild 10: Treppenhäuser, Glasbausteinwände**



Im oberen Bereich der Glasbausteinwand ist ein Lüftungsflügel vorhanden. Dieser schließt nicht dicht an. Dies betrifft jede Glaswand in beiden Treppenhäusern.

**Bild 11: Treppenaufgang zum Dach**



Die Dachlucke schließt nicht vollständig bzw. bleibt nicht geschlossen. Die Federkraft des Schließmechanismus ist zu gering.



## 7 Abschließende Beurteilung

Zusammenfassend wurden folgende Leckagen/Undichtheiten festgestellt

- Türen nach außen bzw. zu unbeheizten Bereichen sind im Bereich der Bodenfuge undicht.

Hier sollte soweit möglich Bodendichtungen nachgerüstet werden. Für die Eingangstüre (Straßenseite) sollte die Bodendichtung überprüft und nachgebessert werden.

- Kleine bis mittelgroße Undichtheiten der Oberlichter im Untergeschoss und im Erdgeschoss bzw. die Lüftungsflügel in den Glasbauwänden.

Die hier festgestellten Undichtheiten sollten nachgebessert werden.

- Kleiner Undichtheiten Entrauchungsklappen im UG

Sollten nachgedichtet werden.

- Treppenaufgang Dach

Die Dachlucke sollte nachgebessert werden, so dass diese geschlossen bleibt.

Die vorgefunden Bauweise (Massivbau mit Lochfassade bzw. großer beheizbare Untergeschosse) lassen üblicherweise auf eine gute Leckagezahl  $n_{50}$  des Gebäudes schließen, wie auch durch die Messungen mit einem Wert von  $n_{50} = 0,57$  bestätigt wurden.

Bis auf die Oberlichtfenster (siehe oben) sind die Fenster in der Gebäudefassade dicht eingebaut. Dies gilt auf für das 3. Und 4. OG, wo die Geschosse noch nicht fertig ausgebaut sind. Die hier größtenteils noch nicht angeputzten Fenster (Klebebänder sind noch sichtbar) sind dicht an dem Baukörper angeschlossen und weisen keine merklichen Leckagen auf.

Bezogen auf das Gesamtgebäude wurden nur geringere Leckagen festgestellt, die die Luftdichtheit des Gebäudes nur unwesentlich beeinträchtigen. Lüftungswärmeverluste über die Leckagen werden als relativ gering angesehen.



Projekt-Nr.: E08337

Projekt-Name: Luftdichtigkeitsmessung DVA-Gebäude Stuttgart

---

Schäden aufgrund einer undichten Bauausführung sind uns an diesem Gebäude nicht bekannt bzw. konnten Vorort nicht festgestellt werden.

Stuttgart, den 20. 1. 2009

EGS-plan

Ingenieurgesellschaft für Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH

i. A. Jürgen Beck-Bazlen

Dipl.-Ing.(FH)

Bauphysiker

Anlagen:

1 Messprotokoll

# Zertifikat

## *über die Qualität der luftdichten Gebäudehülle*

Das Gebäude/Objekt:

**DVA-Gebäude**

**Neckarstr. 121  
70567 Stuttgart**

hat am: 20.12.2008

bei der Messung der Luftdichtheit nach DIN EN 13829, Verfahren B  
folgenden Wert für die volumenbezogene Luftdurchlässigkeit erzielt:

$$n_{50} = 0.57 \text{ 1/h}$$

Die Anforderungen an die Luftdichtheit nach EnEV betragen  
bei Gebäuden mit raumlufotechnischen Anlagen:

$$n_{50} \quad 1.5 \text{ 1/h}$$

Stuttgart 20.01.2009

Jürgen Beck-Bazlen

EGS-Plan  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Verfahren B

### Gebäudedaten und MessSystem



#### Gebäude

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| Objekt:  | DVA-Gebäude                       |
| Adresse: | Neckarstr. 121<br>70567 Stuttgart |
|          | Baujahr: 50` Jahre                |
|          | Messdatum: 20.12.2008             |

#### Auftraggeber

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| Name:    | Fa. Züblin                       |
| Adresse: | Albstadtweg 3<br>70567 Stuttgart |

#### Auftragnehmer

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Name: EGS-Plan                              | Prüfer/in: Jürgen Beck-Bazlen |
| Adresse: Gropiusplatz 10<br>70563 Stuttgart | Telefon: 0711 / 9900775       |
|   | Fax: 0711 / 9900799           |

#### Prüfverfahren

|            |          |                          |
|------------|----------|--------------------------|
| Verfahren: | B        | Prüfung der Gebäudehülle |
| Norm:      | EN 13829 |                          |
| Bemerkung: |          |                          |

#### Prüfobjekt

|  |  |                  |                         |
|--|--|------------------|-------------------------|
| Messgegenstand:  | Verwaltungsgebäude                     |                  |                         |
| Innenvolumen V:  | 18362 m³                               | Fehler: +/- 12 % | Bezugsgrößenberechnung: |
| Nettogrundfläche A <sub>F</sub> :  |  |                  |                         |
| Hüllfläche A <sub>E</sub> :  |  |                  |                         |
| Lüftungsanlage:  | <input checked="" type="checkbox"/> ja |                  |                         |
| Heizungsanlage:  | Zentrale Warmwasserheizung             |                  |                         |
| Klimaanlage:   | nein                                   |                  |                         |
| Ausführliche Angaben zum Gebäudezustand, den temporären Abdichtungen sowie dem Zustand aller Öffnungen befinden sich auf den kommenden Seiten. |  |                  |                         |

#### Messgeräte

|                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| MessSystem:      | Messung mit mehreren Gebläsen |
| Sonstige Geräte: |                               |

# BlowerDoor-Prüfprotokoll

## Berechnungsgrundlage EN 13829, Verfahren B

### Messung mit mehreren Gebläsen



|   |  |
|---|--|
| Objekt : <u>DVA-Gebäude</u><br><u>70567 Stuttgart</u> | Prüfer/in: <u>Jürgen Beck-Bazlen</u><br>Datum: <u>20.12.2008</u> |
|---|--|

#### Klimadaten

|  |   |                                    |
|--|---|------------------------------------|
| Innentemperatur: <u>21 °C</u>          | Luftgeschwin. Anemom.: <u>2.0 m/s</u>                 | Referenzdruckmessstellen: <u>4</u> |
| Außentemperatur: <u>6 °C</u>           | Windstärke: <u>3</u>                                  | Gebäudestandort: <u>B</u>          |
| Luftdruck (Standard): <u>101325 Pa</u> | Zusätzliche Messunsicherheit infolge Wind: <b>5 %</b> |                                    |

#### Unterdruck

| Natürliche Druckdiff. | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Überdruck

| Natürliche Druckdiff. | $\Delta p_{01+}$ | $\Delta p_{01-}$ | $\Delta p_{02+}$ | $\Delta p_{02-}$ |
|-----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|                       | -5.0 Pa          | -                | -                | -                |

#### Messreihen

| Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_f$ | Abwei-<br>chung |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             |
| $\Delta p_{01}$ | 0.0               | —                 | —                       | —               |
| 0               | -60               | 282               | 11411                   | -0.39           |
| 0               | -53               | 244               | 10619                   | 0.59            |
| 0               | -48               | 214               | 9958                    | 0.69            |
| 0               | -42               | 165               | 8737                    | -3.54           |
| 0               | -36               | 142               | 8100                    | -1.01           |
| 0               | -30               | 125               | 7610                    | 4.87            |
| 0               | -23               | 85                | 6267                    | 2.88            |
| 0               | -19               | 58                | 5168                    | -3.79           |
|                 |                   |                   |                         |                 |
| $\Delta p_{02}$ | 0.0               | —                 | —                       | —               |

| Reduzierblende  | Gebäude-<br>druck | Gebläse-<br>druck | Volumen-<br>strom $V_f$ | Abwei-<br>chung |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------------|-----------------|
| O ABCDE         | [Pa]              | [Pa]              | [m³/h]                  | [%]             |
| $\Delta p_{01}$ | 0.0               | —                 | —                       | —               |
| 0               | 59                | 318               | 12132                   | 4.10            |
| 0               | 53                | 258               | 10927                   | -1.88           |
| 0               | 46                | 239               | 10513                   | 0.23            |
| 0               | 40                | 201               | 9655                    | -2.35           |
| 0               | 33                | 177               | 9040                    | -0.81           |
| 0               | 25                | 145               | 8206                    | 1.26            |
| 0               | 18                | 100               | 6819                    | -3.30           |
| 0               | 13                | 86                | 6329                    | 2.99            |
|                 |                   |                   |                         |                 |
| $\Delta p_{02}$ | 0.0               | —                 | —                       | —               |

|                                     |       |                     |           |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|
| Korrelationskoef. r:                | 0.994 | Vertrauensintervall |           |
| $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 734   | max. 953            | min. 566  |
| $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 747   | max. 969            | min. 575  |
| n                                   | [-]   | max. 0.73           | min. 0.59 |

|                                     |       |                     |           |
|-------------------------------------|-------|---------------------|-----------|
| Korrelationskoef. r:                | 0.993 | Vertrauensintervall |           |
| $C_{env}$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )] | 2135  | max. 2531           | min. 1801 |
| $C_L$ [m³/(h Pa <sup>n</sup> )]     | 2131  | max. 2527           | min. 1797 |
| n                                   | [-]   | max. 0.47           | min. 0.37 |

#### Ergebnis, Kenngrößen

|                   |                   |             |
|-------------------|-------------------|-------------|
| Innenvolumen:     | Nettogrundfläche: | Hüllfläche: |
| 18362 m³ +/- 12 % |                   |             |

|            | $V_{50}$     | Unsicher-<br>heit | $n_{50}$        | Unsicher-<br>heit | $w_{50}$ | Unsicher-<br>heit | $q_{50}$ | Unsicher-<br>heit |
|------------|--------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|
|            | m³/h         | %                 | h <sup>-1</sup> | %                 | m³/m²h   | %                 | m³/m²h   | %                 |
| Unterdruck | <b>9821</b>  | +/- 11 %          | 0.53            | +/- 16 %          |          |                   |          |                   |
| Überdruck  | <b>11152</b> | +/- 11 %          | 0.61            | +/- 16 %          |          |                   |          |                   |
| Mittelwert | <b>10486</b> | +/- 11 %          | <b>0.57</b>     | +/- 16 %          |          |                   |          |                   |

|                                 |            |     |            |        |          |        |
|---------------------------------|------------|-----|------------|--------|----------|--------|
| Anforderungen nach: <b>EnEV</b> | <b>1.5</b> | 1/h | <b>7.8</b> | m³/m²h | <b>3</b> | m³/m²h |
|---------------------------------|------------|-----|------------|--------|----------|--------|

**Bemerkung:** Das Messergebnis schließt (verdeckte) Mängel in der Konstruktion nicht aus.

**Auftragnehmer :**

EGS-Plan

Gropiusplatz 10

70563 Stuttgart

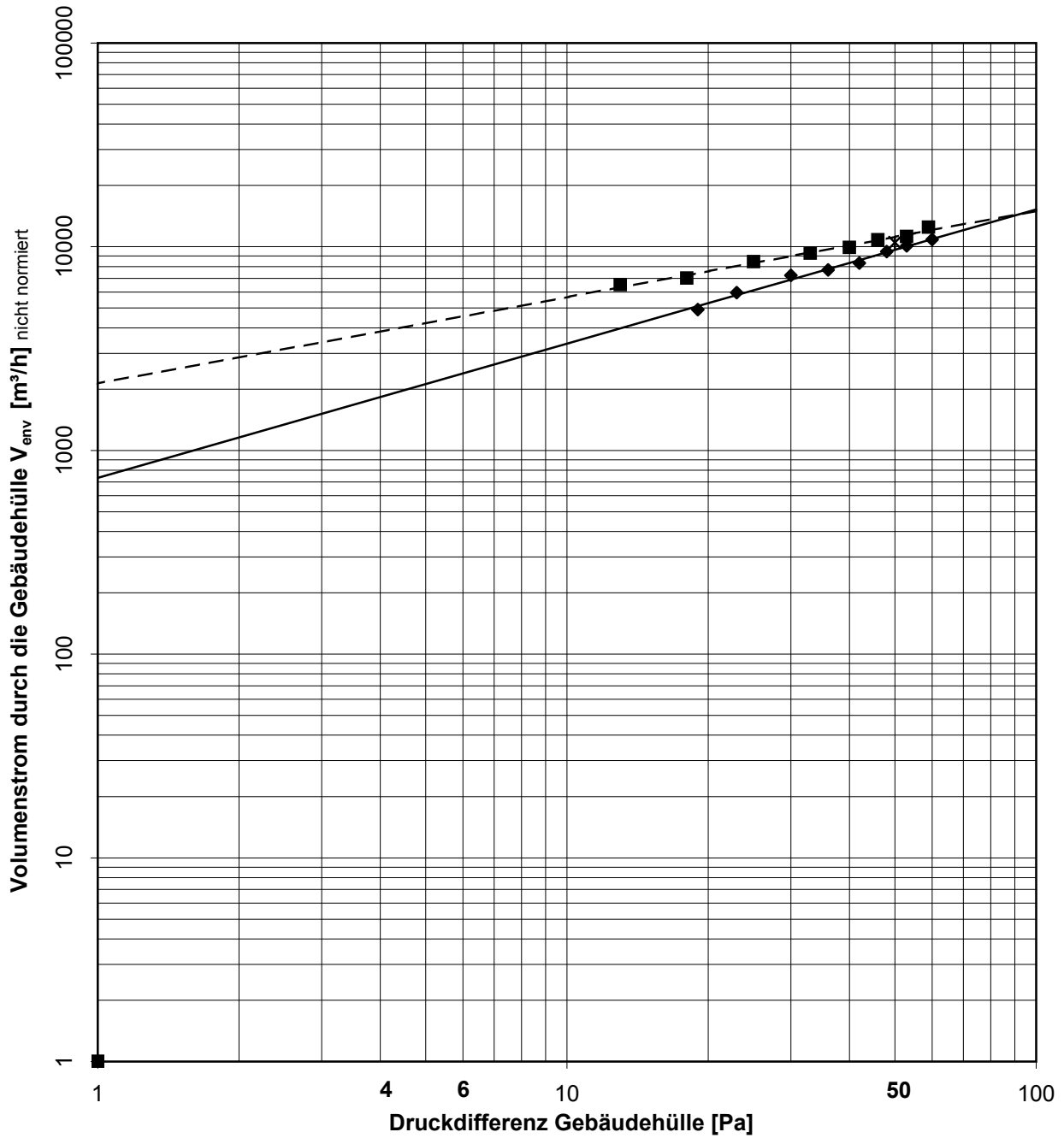
**Bearbeiter/in :** Jürgen Beck-Bazlen

**Tel :** 0711 / 9900775

20.01.2009

Unterschrift

BlowerDoor-Leckagekurve  
Objekt: DVA-Gebäude



- ◆ Volumenstrom Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- Volumenstrom Überdruck [ $m^3/h$ ]
- Regressionsgerade Unterdruck [ $m^3/h$ ]
- - - Regressionsgerade Überdruck [ $m^3/h$ ]
- x Volumenstrom (gemittelt) bei 50 Pa [ $m^3/h$ ]

## **Anlage 1: *Nutzerkomfort-Messungen***

*zu Bericht: Kapitel 3.11*

Messbericht enthält 90 Seiten

# ABSCHLUSSBERICHT

## NUTZERKOMFORT-MESSUNGEN IM RAHMEN VON REG

### „RESSOURCENEFFIZIENTE GEBÄUDE FÜR DIE WELT VON ÜBERMORGEN“

## PROJEKT NR. E08337

im Auftrag der  
Firma Ed. Züblin AG

Stand:

22.01.2009

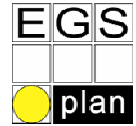
Projektleitung: Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung: Dipl.-Ing.(FH) Carsten Silberberger



Projekt-Nr.:  
Projekt-Name:

E08337  
REG - Ed. Züblin AG



**AUFTRAGGEBER / BAUHERR**

Ed. Züblin AG  
Direktion Zentrale Technik  
Albstadtweg 3  
70567 Stuttgart

**AUFTRAGNEHMER**

EGS-Plan Ingenieurgesellschaft für  
Energie-, Gebäude- und Solartechnik mbH  
Gropiusplatz 10  
70563 Stuttgart

Tel. 0711 - 99 007-5  
Fax 0711 - 99 007-99  
Internet: [www.egs-plan.de](http://www.egs-plan.de)  
e-mail: [info@egs-plan.de](mailto:info@egs-plan.de)

Projektleitung:  
Dr.-Ing. Boris Mahler

Bearbeitung:  
Dipl.-Ing.(FH) Carsten Silberberger

## INHALTSVERZEICHNIS

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>AUFGABENSTELLUNG UND ZIELSETZUNG</b>                    | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>OBJEKTBSCHREIBUNGEN</b>                                 | <b>4</b>  |
| 2.1      | Hauptverwaltung (HV).....                                  | 4         |
| 2.2      | Z-Zwo (Z2).....  | 5         |
| 2.3      | Deutsche Verlags Anstalt (DVA).....                        | 6         |
| <b>3</b> | <b>METHODE</b>   | <b>8</b>  |
| 3.1      | Kurzzeitmessung nach DIN EN ISO 7730.....                  | 8         |
| 3.2      | Untersuchung der Luftqualität.....                         | 9         |
| 3.3      | Messen der Beleuchtungsstärke.....                         | 9         |
| 3.4      | Zusätzliche Auswertungen.....                              | 10        |
| 3.5      | Nutzerfragebogen.....                                      | 11        |
| <b>4</b> | <b>ERGEBNISSE</b>  | <b>12</b> |
| 4.1      | PMV-Wert Auswertung nach DIN EN ISO 7730.....              | 12        |
| 4.2      | PPD-Wert Auswertung nach DIN EN ISO 7730.....              | 15        |
| 4.3      | Zugluft (draught rate) nach DIN EN ISO 7730.....           | 16        |
| 4.4      | Luftqualität (CO <sub>2</sub> -Konzentration).....         | 17        |
| 4.5      | Beleuchtungsstärke.....                                    | 19        |
| 4.6      | Zusätzliche Auswertungen.....                              | 21        |
| 4.7      | Nutzerfragebogen.....                                      | 24        |
| <b>5</b> | <b>ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT</b>                           | <b>25</b> |
| 5.1      | Kategorisierung nach PMV und PPD nach DIN EN ISO 7730..... | 25        |
| 5.2      | Zugluft Detektion.....                                     | 25        |
| 5.3      | Luftqualität (CO <sub>2</sub> -Konzentration).....         | 26        |
| 5.4      | Arbeitsplatzbeleuchtung.....                               | 26        |
| 5.5      | Zusätzliche Klima-Auswertungen.....                        | 26        |
| <b>6</b> | <b>LITERATUR</b>   | <b>28</b> |
| <b>7</b> | <b>ANHANG</b>  | <b>29</b> |

## 1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Ressourceneffiziente Gebäude für die Welt von Übermorgen (REG)“ wird an drei ausgewählten Verwaltungsgebäuden eine Untersuchung hinsichtlich ihres Nutzer-Komforts durchgeführt. Dabei wird je Gebäude im Sommer, Winter und in der Übergangszeit der thermische Komfort nach DIN EN ISO 7730 [1], die CO<sub>2</sub>-Konzentration und die Beleuchtungsstärke (LUX) gemessen. Parallel hierzu werden Nutzerfragebögen ausgeteilt um das subjektive Empfinden der Nutzer zu ermitteln. Die Ergebnisse der Messungen und der Nutzerbefragung werden in einem Bericht dokumentiert. Hieraus soll hervorgehen wie sich die Gebäude zum Messzeitpunkt hinsichtlich der untersuchten Kriterien verhalten und wie die Beurteilung durch die Nutzer ist.

## 2 Objektbeschreibungen

### 2.1 Hauptverwaltung (HV)

Das Gebäude (Baujahr 1984) besteht aus 2 jeweils 7-geschossige Verwaltungsgebäuden mit Tiefgarage in Stuttgart-Möhringen Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart, die über ein satteldachförmiges Glasdach mit verglasten Stirnseiten miteinander verbunden sind, siehe Bild 1. Das Gebäude ist überwiegend in Stahlbetonfertigteiltbauweise erstellt worden. Rötlich eingefärbte Betonbrüstungen mit tragenden Fassadenstützen prägen das Fassadenbild.



**Bild 1. Züblin Hauptverwaltung Stuttgart**

Die Grundabmessungen eines Gebäudeflügels betragen ca.  $L=94\text{ m} \times B=13\text{ m}$  (EG – 3. OG). Das 4. + 5. Obergeschoss ( $L=80\text{ m}$ ) bzw. das 6. OG ( $L=60\text{ m}$ ) sind jeweils zurückgesetzt und weisen eine geringere Geschossfläche auf.

Das gesamte zu untersuchende umbaute Gebäudevolumen beträgt  $18.308\text{ m}^3$ . Aus diesem Wert errechnet sich entsprechend der Berechnungsvorschrift zur Energieeinsparverordnung ein Innenvolumen von  $14.646\text{ m}^3$ .

Das Gebäude wird über jeweils 3 zum Innenhof liegende Zugänge bzw. Stege erschlossen. Innerhalb des Gebäudes sind 2 Aufzugsanlagen vorhanden.

Bis auf einige Bereiche (Sanitäreanlage) wird das Gebäude natürlich über Fensterlüftung bzw. Lüftungsgitter unterhalb der Fenster belüftet.

## 2.2 Z-Zwo (Z2)

Bei dem Gebäude, siehe Bild 2, handelt es sich um ein 6-geschossiges Verwaltungsgebäude mit Tiefgarage und einem Flachdach das in Stuttgart-Möhringen Vaihingerstr. 161 u. 163, 70567 Stuttgart im Jahr 2002 errichtet wurde. Die Grundabmessungen betragen ca.  $L=92\text{ m} \times B=15,25\text{ m} \times H=21\text{ m}$  mit einem nach EnEV berechneten Gebäudevolumen von insgesamt  $23.570\text{ m}^3$ .



**Bild 2. Züblin Z-Zwo Bürogebäude**

Das Gebäude ist in Massivbauweise erstellt worden und weist im Erdgeschoss eine raumhohe Pfosten-Riegel-Fassade auf. Die Fassade in den Obergeschossen besteht aus einer massiven Brüstung und einem durchlaufenden Fensterband. Das Gebäude wird über 2 Zugänge mit je einem Treppenhaus und jeweils 2 Aufzügen erschlossen. Bis auf einige Bereiche (Sanitäranlage, Serverräume) wird das Gebäude natürlich über Fensterlüftung belüftet. Diese wird durch eine mechanische Nachspülung mit Frischluft über die Fenster ergänzt. Die Abluft wird hierbei über die Treppenhäuser geführt.

### 2.3 Deutsche Verlags Anstalt (DVA)

Bei dem Gebäude (Baujahr 50-iger Jahre) handelt es sich um ein 5-geschossiges Verwaltungsgebäude (eh. Sitz der Deutschen Verlags Anstalt DVA) mit Flachdach.

Das Gebäude, siehe Bild 3, ist in Massivbauweise mit einer Lochfassade erstellt worden. Im Jahr 2006 wurde das gesamte Gebäude von Grund auf saniert. Hierbei wurde die Haustechnik komplett erneuert, Fenster wurden ersetzt und die Fassade zusätzlich gedämmt.

Die beiden Untergeschosse bzw. das Erdgeschoss bis 2. Obergeschoss werden im Moment durch das Registergericht Stuttgart genutzt. Das 3. und 4. Obergeschoss befindet sich im Innenausbau, die luftdichten Anschlüsse sind aber auch hier vollständig ausgeführt. Raumseitige Verkleidungen fehlen allerdings noch größtenteils.

Die Untergeschosse bzw. das Erdgeschoss weisen die größte Grundflächen mit L=67 m x B=22 m auf. In den Regelgeschossen (1-OG – 3. OG) beträgt die Gebäudeabmessung ca. L=67 m x B=13 m. Das 4. Obergeschoss ist mit L=67 m x B=10 m zurückgesetzt.



**Bild 3. DVA Gebäude (heutiges Registergericht)**

Das gesamte zu untersuchende umbaute Gebäudevolumen beträgt 22.952 m<sup>3</sup>. Aus diesem Wert errechnet sich entsprechend der Berechnungsvorschrift zur Energieeinsparverordnung ein Innenvolumen von 18.362 m<sup>3</sup>.

Das Gebäude wird über einen Haupteingang (Südwest-Richtung) mit großem Treppenhaus und einer Aufzugsanlage erschlossen. Zusätzlich ist der Zugang über einen Nebeneingang (Nordost-Richtung, mit Treppenhaus ohne Aufzug) möglich.

Das Gebäude wird auf der straßenzugewandten Seite mechanisch belüftet, auf der straßenabgewandten Seite wird die Lüftung über die Fenster gewährleistet.



### 3 Methode

#### 3.1 Kurzzeitmessung nach DIN EN ISO 7730

Die DIN EN ISO 7730 verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz zur Beurteilung des Arbeitsplatzklimas. Sie berücksichtigt neben den Aspekten der Temperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit auch die der horizontalen Temperaturschichtung, der Strahlungstemperatur und der Zugluft. Der Aufbau der Messapparatur wird in Bild 4 gezeigt.



**Bild 4. Messaufbau zur Ermittlung des PMV und PPD-Indexes am Arbeitsplatz.**

Mit den gemessenen Werten wird das Klima am Arbeitsplatz für eine 7-stufige PMV-Skala von +3 bis -3 berechnet (heiß, warm, etwas warm, neutral, etwas kühl, kühl, kalt). Aufgrund des aufwändigen Messaufbaus wurde ein mobiles Gerät für Kurzzeitmessungen an verschiedenen Arbeitsplätzen in den Gebäuden eingesetzt. Die Messungen werden zu verschiedenen Jahreszeiten durchgeführt, damit eine Aussage des Komforts abhängig von unterschiedlichem Außenwetter (Sommerwetterlage, Übergangszeit, Winterwetterlage) getroffen werden kann. Im Rahmen der Ermittlung des PMV-Indexes wird die Wahrscheinlichkeit berechnet ob sich Personen durch Zugluft (draught rate) beeinträchtigt fühlen. Die Wahrscheinlichkeit wird mit Hilfe der lokalen Lufttemperatur, mittleren Luftgeschwindigkeit und dem lokalen Turbulenzgrad berechnet.

### 3.2 Untersuchung der Luftqualität

Im Rahmen der Kurzzeitmessung der CO<sub>2</sub>-Gehalt gemessen und bewertet. Eine Begrenzung des CO<sub>2</sub> - Gehalts ist in der DIN EN ISO 7730 nicht enthalten. Im Hinblick auf die Norm DIN 1946 Teil 2 [2], die einen max. Grenzwert von 1.500 ppm (parts per million) angibt und im Hinblick auf den Maximalwert nach Pettenkofer [3] von max. 1.000 ppm, wurde nachstehende Kategorisierung festgelegt, siehe Tabelle 1.

**Tabelle 1. Kategorisierung CO<sub>2</sub> nach DIN 1946 und MAK.**

| Kategorie | Anforderung                           | Beschreibung  |
|-----------|---------------------------------------|---|
| A Grün    | CO <sub>2</sub> < 1000 ppm            | Gute Luftqualität<br>keine Probleme                                   |
| B Gelb    | 1000 ppm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 1500 ppm | Eingeschränkte Luftqualität<br>geringe Überschreitung von Grenzwerten |
| C Rot     | 1500 ppm ≤ CO <sub>2</sub> ≤ 5000 ppm | Starke Überschreitung von Grenzwerten                                 |
| D Schwarz | CO <sub>2</sub> > 5000 ppm            | Überschreitung der maximalen Arbeitsplatz-Konzentration               |

Die Messung des CO<sub>2</sub>-Gehalts wurde im Rahmen der Kurzzeitmessung nach DIN EN ISO 7730 durchgeführt, siehe Kapitel 3.1.

### 3.3 Messen der Beleuchtungsstärke

Mit einem Luxmeter wird die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz gemessen. Als Grenzwert wird hier der Grenzwert der DIN EN 12464 Teil1 [4] für Büroarbeitsplätze (Schreiben, Lesen, EDV) angesetzt. Es wird die Ist-Situation gemessen, diese ist den Messprotokollen, Anhang 2, zu entnehmen.



### 3.4 Zusätzliche Auswertungen

Die Werte der Raumlufftemperaturen während der Messungen werden gegenüber der Außenlufttemperatur aufgetragen und hinsichtlich der Grenzen der DIN 1946 Teil 2 ausgewertet, Abbildung 1.

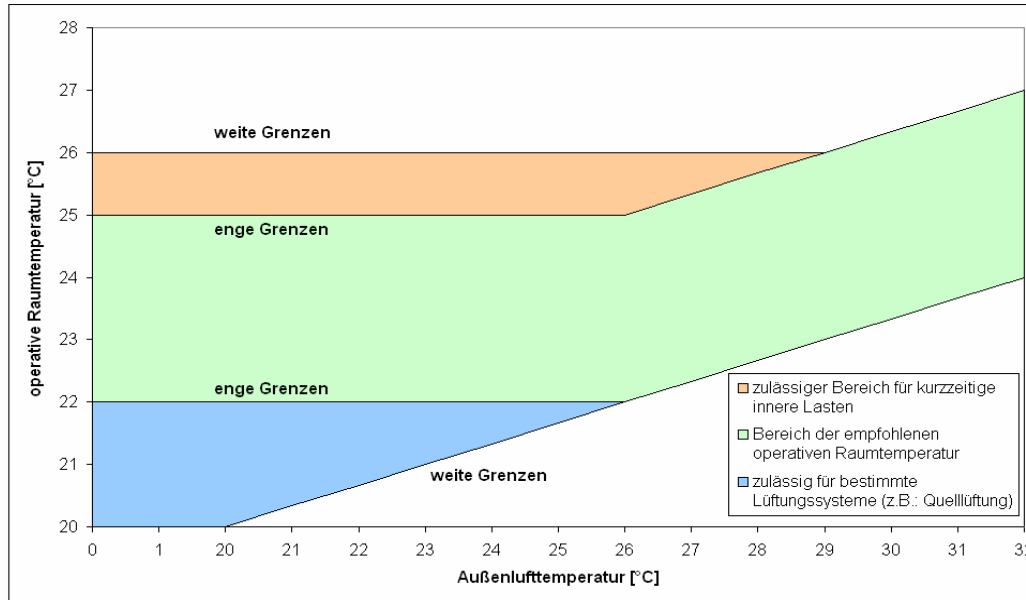


Abbildung 1. Komfortbewertung nach DIN 1946 Teil 2

Ergänzend zur Auswertung nach DIN1946 ist die relative Luftfeuchtigkeit während der Messung analysiert worden.

Mit einer Summen-VOC-Messung (volatile organic compounds) ist die Notwendigkeit einer gaschromatographischen Bestimmung der einzelnen VOCs überprüft worden. Ein Großteil dieser flüchtigen organischen Verbindungen resultiert durch die Verwendung von Lösemitteln und durch den Straßenverkehr. Quellen für VOCs in der Innenraumluft können Kunststoffe, Baustoffe, Möbel, Teppiche, Reinigungsmittel und der Konsum von Tabakprodukten darstellen.

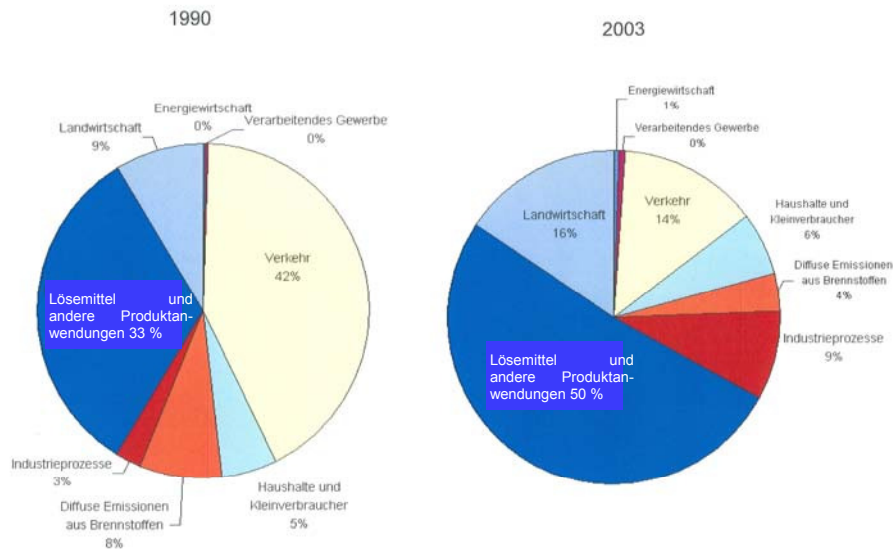


Abbildung 2. Anteile verschiedener Quellen an den VOC-Emissionen in Deutschland [5]

### 3.5 Nutzerfragebogen

Im Rahmen der Komfortmessungen wird die Raumbeglichkeit nach objektiven Kriterien beurteilt. Letztlich entscheidend ist jedoch der subjektive Eindruck der Nutzer von Raumluftqualität, -temperatur, -feuchtigkeit und Zugluft.

Daher wurde in den Gebäuden eine Nutzerbefragung durchgeführt, siehe Anhang 1. Dazu wurden pro Gebäude zwischen 10 und 20 standardisierte und anonymisierte Fragebögen verteilt. Der Fragebogen umfasst 20 Fragen zu folgenden Aspekten:

- Lufttemperatur/Luftfeuchtigkeit
- Luftqualität
- Tageslicht
- Akustik/Schall
- Gesamtzufriedenheit mit dem Arbeitsplatz

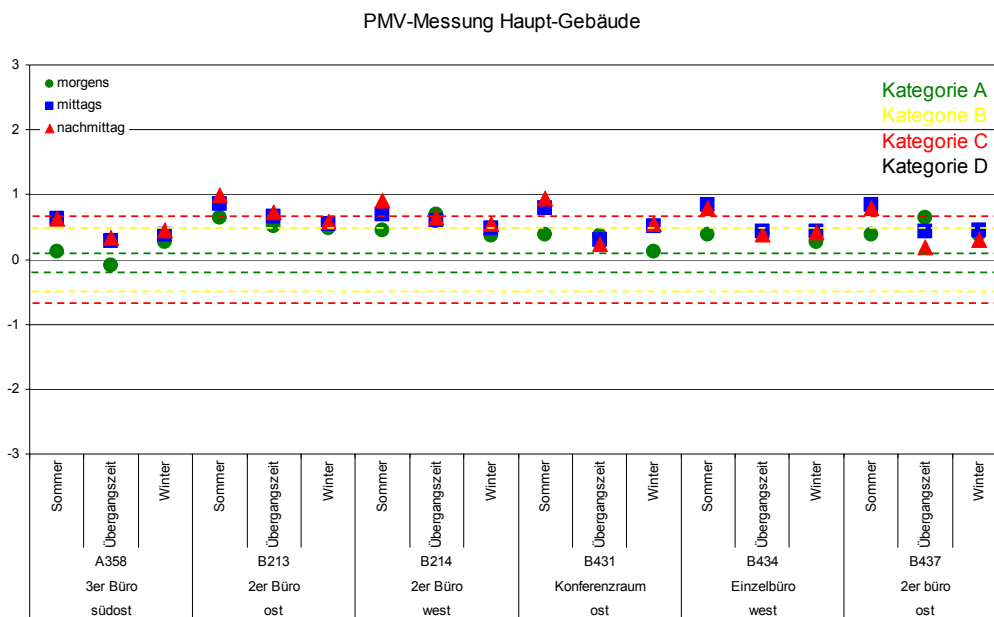
Die Fragebögen wurden statistisch ausgewertet und in Grafiken dargestellt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 PMV Auswertung nach DIN EN ISO 7730

In den Abbildung 3 bis 5 sind die PMV-Werte der 3 Gebäude in der Gesamtübersicht für verschiedenen Jahreszeiten abgebildet. Die Messungen am Morgen sind durch einen grünen Punkt, die am Mittag durch ein blaues Quadrat, die am Nachmittag durch ein rotes Dreieck dargestellt. Die Werte werden in Anlehnung an die DIN EN ISO 7730 in die vier Kategorien A, B, C und D unterteilt, wobei Räume mit der Kategorie A den höchsten thermischen Komfort aufweisen und Räume mit der Kategorie D den niedrigsten.

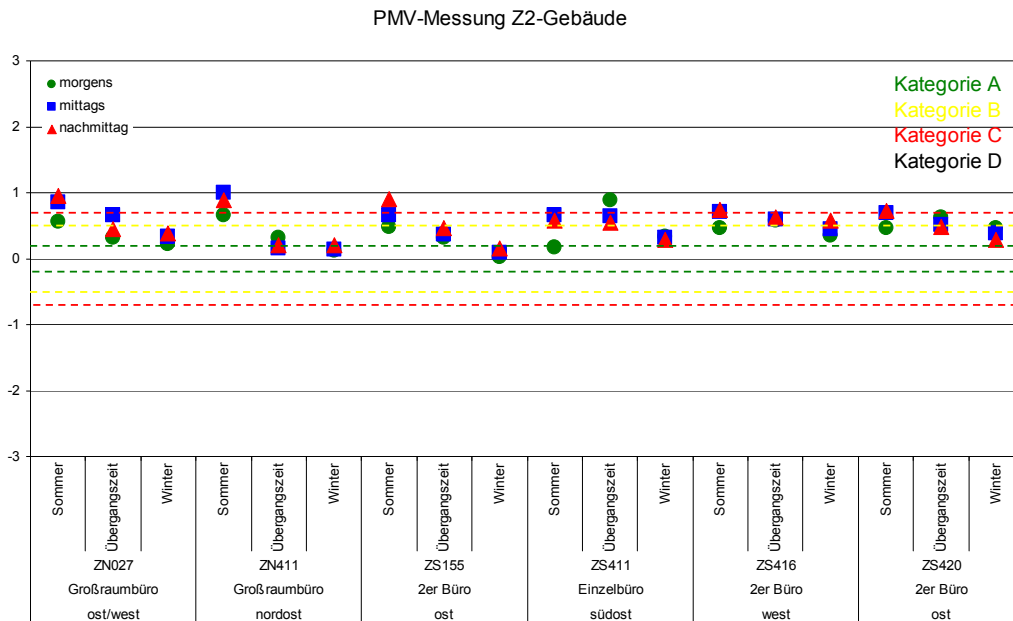
Zu sehen ist in Abbildung 3, dass das Gebäude der Hauptverwaltung die Tendenz zu einem zu warmen Arbeitsplatzklima aufweist. Besonders deutlich wird dies in den Sommermonaten an denen morgens der PMV-Wert noch in Kategorie B mittags und nachmittags dann meist in Kategorie D fällt. Ursache hierfür sind zusätzlich zu den inneren Lasten die äußeren Lasten die das Gebäude und das Atrium aufheizen. In der Übergangszeit haben die Büros mit hoher Belegung ein etwas zu warmes Klima. Räume mit geringer oder keiner Belegung ein nahezu optimales Klima.



**Abbildung 3. PMV-Messung Hauptverwaltung**

Im Winter herrscht in allen untersuchten Räumen ein PMV-Wert nahe Null. Ein überwiegend sehr gutes Arbeitsplatzklima selbst im Sommer hat der Raum A358. Zum einen liegt dies daran, dass A358 ein Eckbüro mit beidseitigen Fenstern ist, zum anderen wird von den Nutzern konsequent die Fensterlüftung praktiziert und der externe Sonnenschutz benutzt.

Die Situation im Gebäude Z-Zwo ist wie in Abbildung 4 dargestellt. Eine Tendenz zu einem zu warmen Arbeitsplatzklima ist vorhanden, diese fällt aber nicht so deutlich aus wie in der Hauptverwaltung. In der Übergangszeit und im Winter ist der PMV-Wert in der überwiegenden Anzahl der Fälle nahe Null. Nach oben hin weichen hier die Messwerte der 3 Messräume im 4.OG Richtung Süden aus. Grund hierfür könnte eine Fehlbedienung des Sonnenschutzes sein: In der Übergangszeit und im Winter bleibt trotz Sonneneinstrahlung der Sonnenschutz oftmals offen.



**Abbildung 4. PMV-Messung Z2-Gebäude**

Im DVA-Gebäude stellt sich im Sommer eine ähnliche Situation wie in der Hauptverwaltung dar, siehe Abbildung 5. Morgens liegt der PMV-Wert überwiegend in Kategorie B, mittags und nachmittags liegt er dann besonders bei den Büros mit südöstlicher Ausrichtung in Kategorie D. Eine Ursache hierfür ist: Eine Fensterlüftung in Richtung der Neckarstrasse kann wegen des hohen Lärmpegel und der Abgase des Verkehrs nicht durchgeführt werden. Die hierfür vorhergesehene mechanische Lüftung ist nicht ausreichend. Zusätzlich fällt auf, dass es im 2. OG noch etwas wärmer ist. In den Wintermonaten herrscht in allen untersuchten Räumen ein nahezu neutraler PMV-Wert.

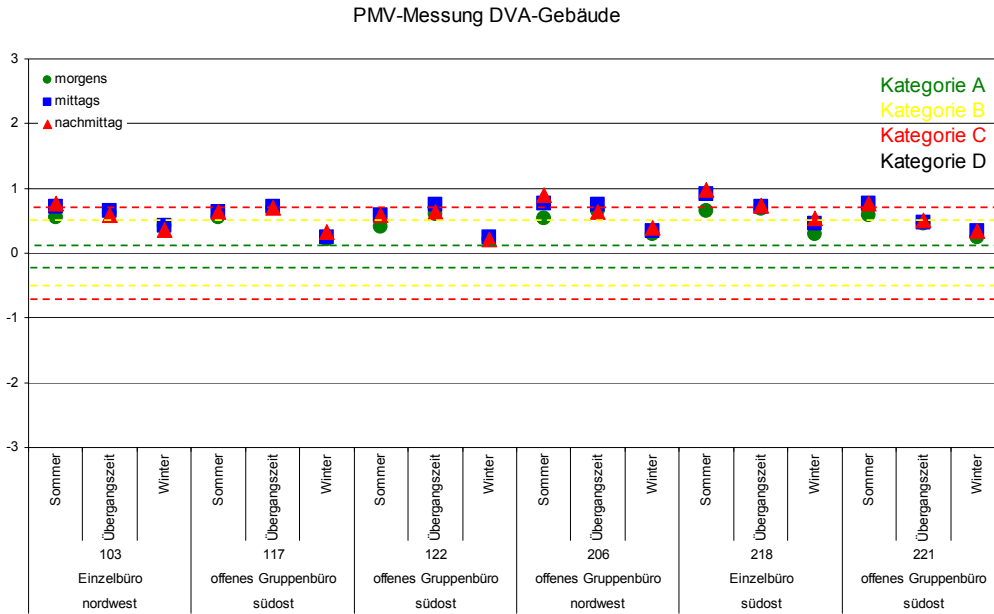


Abbildung 5. PMV-Wert DVA-Gebäude

## 4.2 PPD-Wert Auswertung nach DIN EN ISO 7730

Aus dem PMV-Wert kann der PPD-Wert berechnet werden. Er gibt an, wie viel Prozent der Nutzer voraussichtlich mit dem Klima am Arbeitsplatz unzufrieden sind. In Anlehnung an die DIN EN ISO 7730 ist der PPD-Wert in die vier Kategorien A, B, C und D unterteilt, wobei Räume mit der Kategorie A die geringste vorhergesagte Anzahl an unzufriedenen Menschen und Räume mit der Kategorie D die höchste vorhergesagte Anzahl an unzufriedenen Menschen aufweisen. Exemplarisch wird für das DVA-Gebäude in Abbildung 6 und Abbildung 7 der Zusammenhang dargestellt. Liegt der PMV-Wert außerhalb Kategorie C sind mindestens 15 % der Nutzer unzufrieden. Der Betrag des PMV-Wert bildet über eine Formel den Prozentsatz der unzufriedenen Nutzer. Die detaillierten Auswertungen der anderen Gebäude hierzu sind im Anhang 2 zu finden.

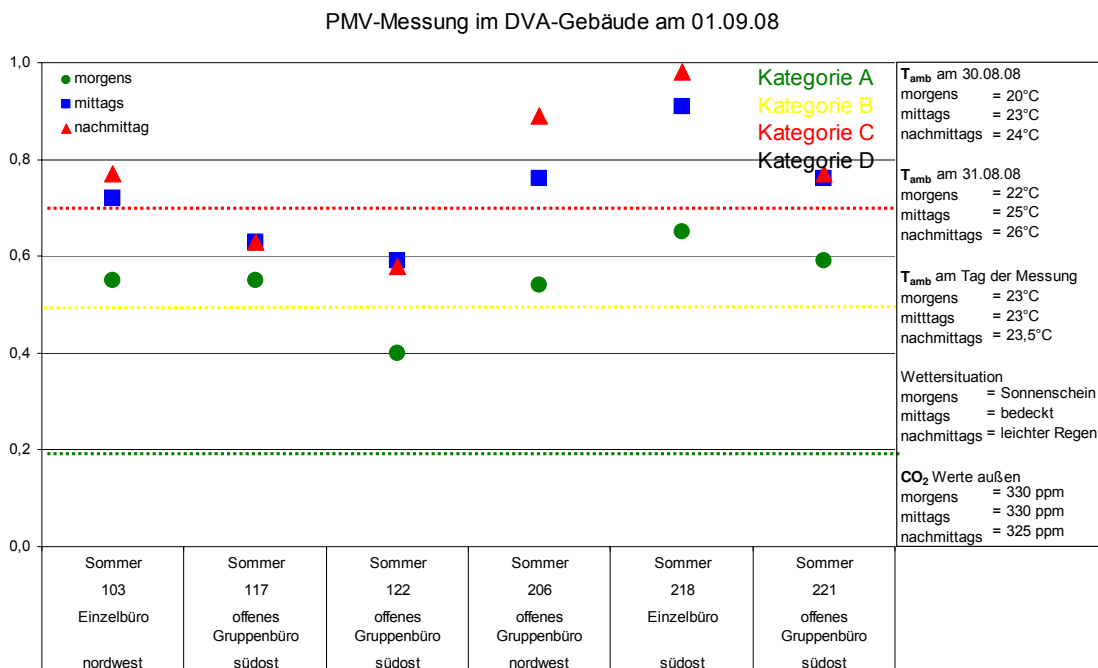


Abbildung 6. PMV-Wert DVA-Gebäude (Sommer)

PPD(%) - Messung im DVA-Gebäude am 01.09.08

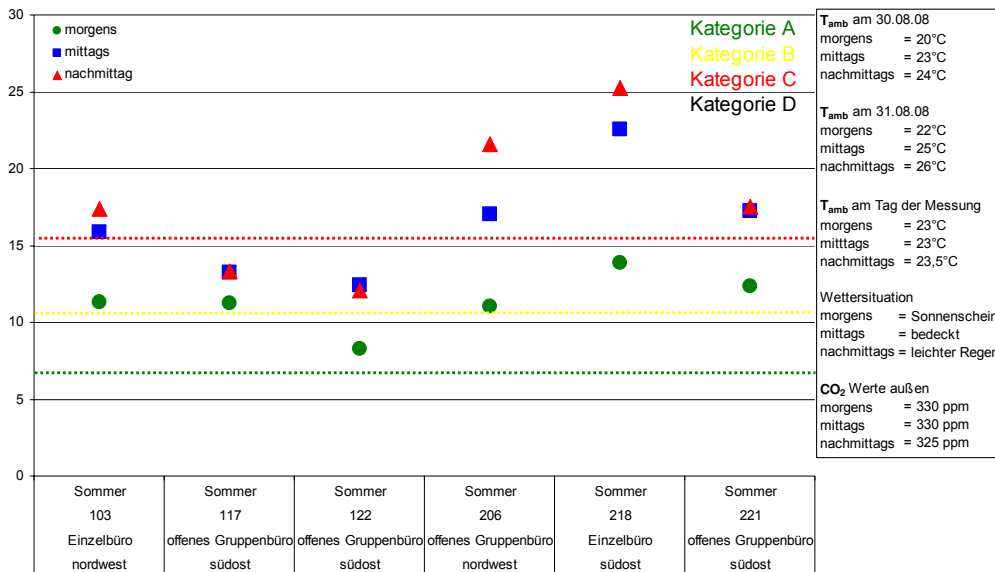


Abbildung 7. PPD-Wert DVA-Gebäude (Sommer)

### 4.3 Zugluft (draught rate) nach DIN EN ISO 7730

In den untersuchten Räumen war keine nennenswerte Beeinträchtigung durch Zugluft während der Messungen nachzuweisen. Ausreißer stellen die Räume dar in denen während der Sommerzeit ein Tischventilator benutzt wird, siehe Abbildung 8. Während der Wintermessung ist im Gebäude Z-Zwo ein zusätzlicher Arbeitsplatz stichprobenartig untersucht worden. Dieser wies eine deutlich erhöhte Luftgeschwindigkeit von 0,2 – 0,3 m/s auf. Hier ist von einer erhöhten Beeinträchtigung durch Zugluft auszugehen. Weiteren Auswertungen zur Wahrscheinlichkeit der Beeinträchtigung durch Zugluft finden sich im Anhang 2 wieder.

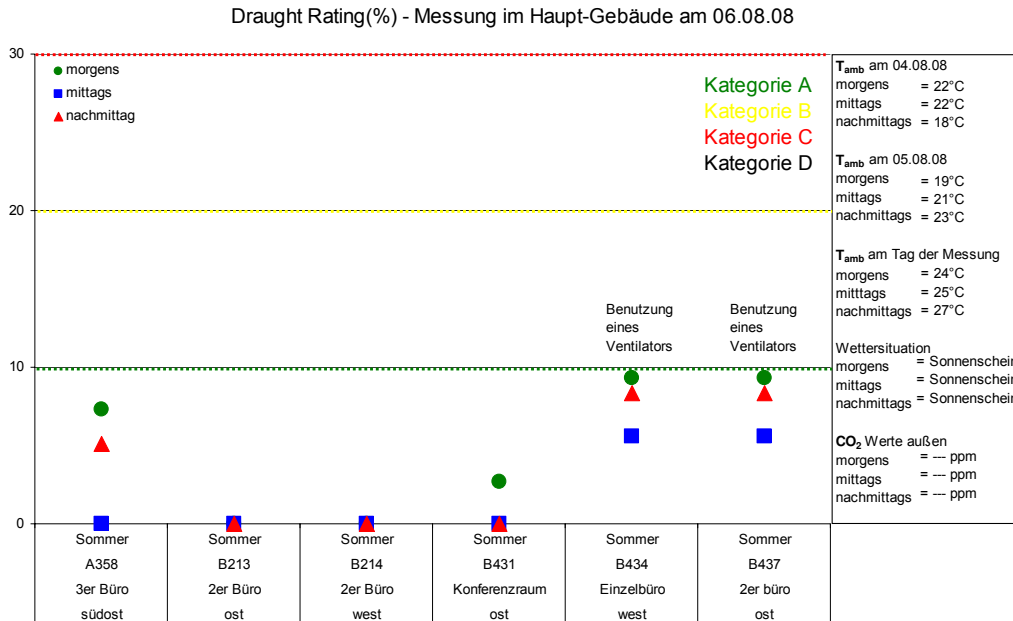


Abbildung 8. Draught rating (%) Hauptverwaltung (Sommer)

#### 4.4 Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Konzentration)

Beim Vergleich der Messergebnisse der Wintermessung für die CO<sub>2</sub>-Konzentration (ppm) fiel auf, dass in den Gebäuden ohne mechanische Zuluft (HV, Z2) in den voll belegten Räume im Winter eine stark erhöhte Konzentration aufweisen, siehe Abbildung 9. Auch die Räume, die nicht (ZS420) oder nur teilweise (ZS155) belegt waren weisen Werte nur knapp unterhalb des Grenzwertes (Pettenkofer-Zahl) auf. Teilweise ist dies auf die zum Messzeitpunkt vorhandene Inversionswetterlage, zum anderen auf ungenügende Fensterlüftung zurückzuführen. Abbildung 10 zeigt, dass im DVA-Gebäude die Messwerte deutlich geringer waren. Ursache hierfür ist die mechanische Zuluftanlage (Südost-Seite) und die geringe Belegung der Büros zum Messzeitpunkt.

Im Sommer sind die Messwerte aller Gebäude als sehr gut einzustufen. Während der Übergangszeit wurde im Gebäude Z2 gegen Nachmittag der Grenzwert erreicht, teilweise sogar überschritten. Die anderen Gebäude weisen in diesem Zeitraum eine unterhalb des Grenzwerts liegende CO<sub>2</sub>-Konzentration auf.



CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09

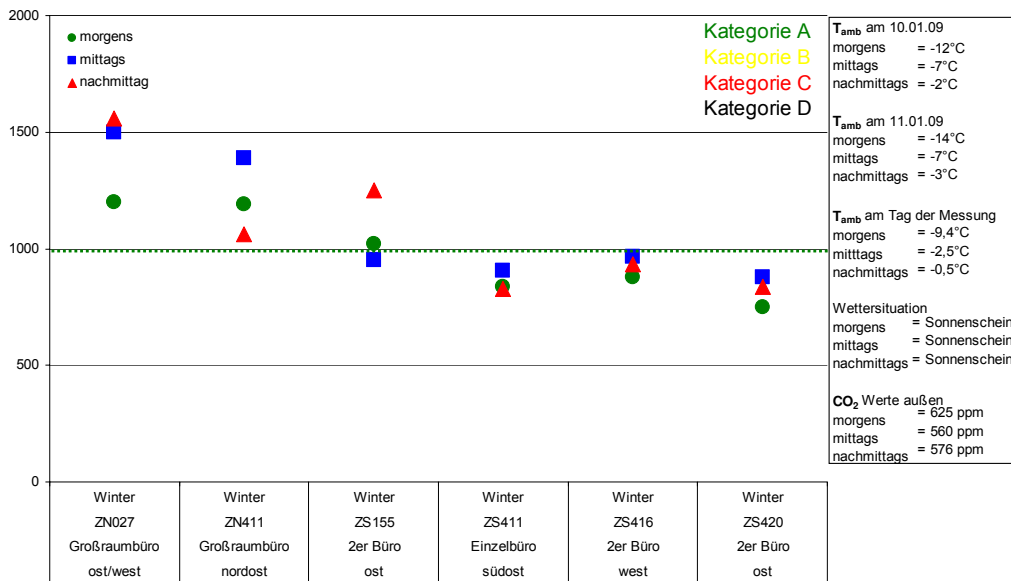


Abbildung 9. CO<sub>2</sub>(PPM) Konzentration im Z2-Gebäude (Winter)

CO<sub>2</sub>(PPM) - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09

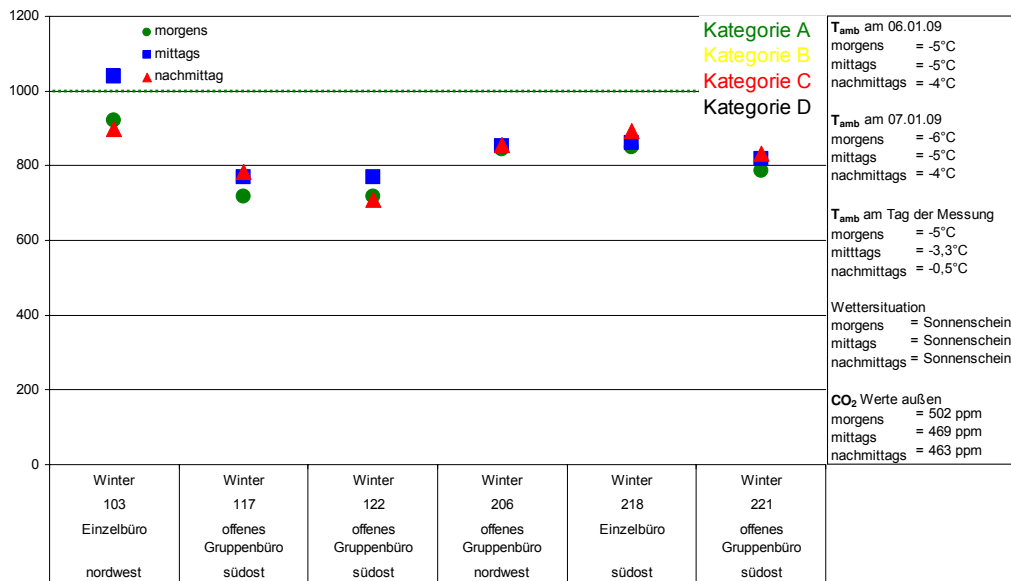
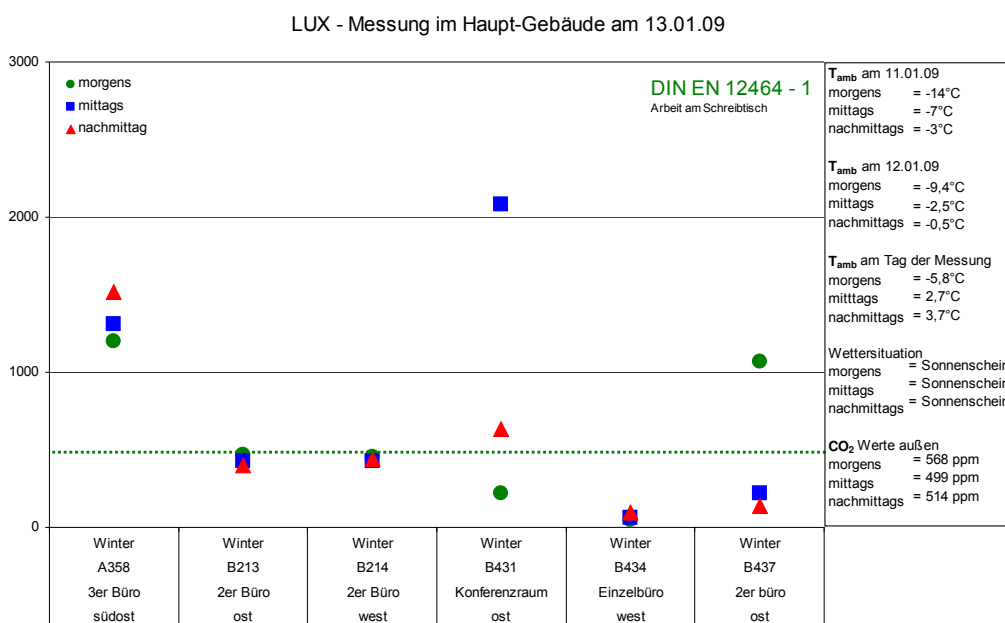


Abbildung 10. CO<sub>2</sub>(PPM) Konzentration im DVA-Gebäude (Winter)

## 4.5 Beleuchtungsstärke

Bei der Untersuchung der Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz im Gebäude der Hauptverwaltung, Abbildung 11, konnte festgestellt werden dass, der in der DIN EN 12464 vorgeschriebener Wert von 500 LUX an den meisten Arbeitsplätzen nahezu erreicht wird. Büro B434 war zum Messzeitpunkt nicht belegt, der Sonnenschutz halb geschlossen und die künstliche Beleuchtung ausgeschaltet. Hieraus ergibt sich die zu geringe Beleuchtungsstärke. Die restlichen Unterschreitungen des Grenzwerts sind auf die nicht eingeschaltete Beleuchtung zum Messzeitpunkt zurückzuführen. (Ist-Zustand, siehe Messprotokolle im Anhang 2).



**Abbildung 11. Beleuchtungsstärke (LUX) Hauptverwaltung (Winter)**

In dem Bürogebäude Z2 wird der Grenzwert von 500 LUX in den meisten Büroräumen erreicht. Ausnahme stellt hier der Raum ZN027 dar, der mit und ohne künstliche Beleuchtung den Grenzwert zum Messzeitpunkt unterschreitet. Die Einhaltung des Grenzwerts wird bei entsprechenden Tageslichtverhältnissen komplett über Tageslicht erreicht. Grund hierfür ist: Die außen liegenden Büroräume und den großen Fensterflächenanteil. Ist dies nicht gewährleistet stellen die flexiblen Einzelleuchten überwiegend eine ausreichende Beleuchtung dar.

LUX - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09

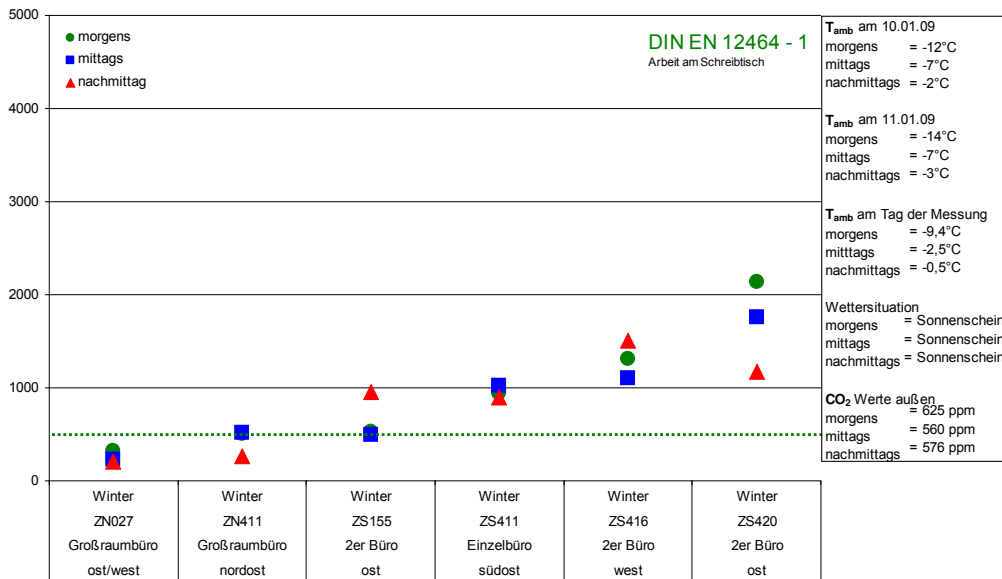


Abbildung 12. Beleuchtungsstärke (LUX) Z-Zwo (Winter)

Die Beleuchtung der Arbeitsplätze im DVA-Gebäude ist überwiegend ausreichend (> 500 LUX). Die Messwerte < 500 LUX sind auf ausgeschaltet Beleuchtung bei nicht belegten Büros zurückzuführen. Beleuchtung mit Tageslicht ist nur im eingeschränkten Maß möglich. Die installierten Kunstleuchten sorgen für ausreichend Beleuchtung.

LUX - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09

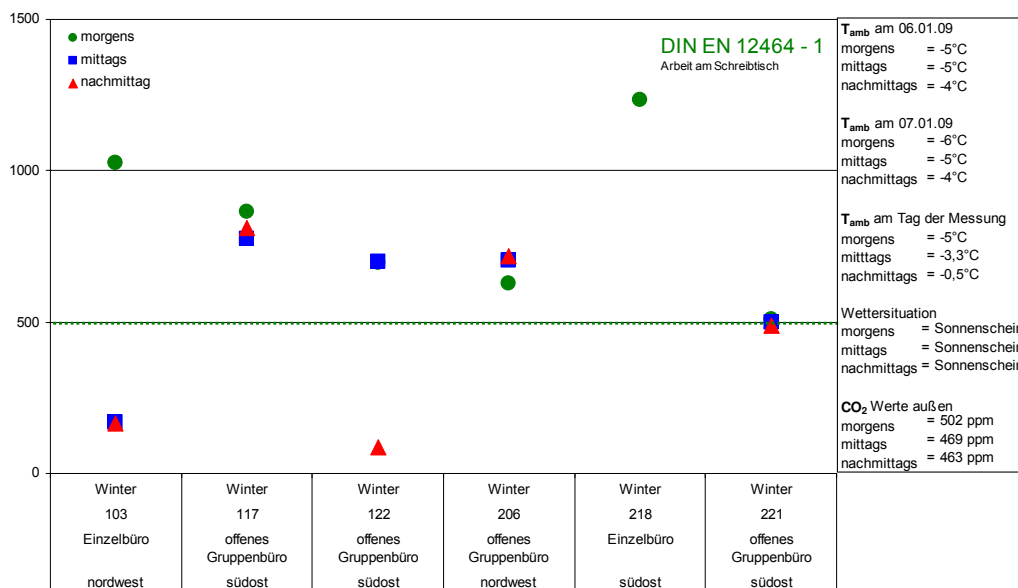


Abbildung 13. Beleuchtungsstärke (LUX) DVA-Gebäude (Winter)

## 4.6 Zusätzliche Auswertungen

Mit Hilfe der Auswertung der Raumlufttemperaturen nach DIN 1946, Abbildung 14, lassen sich die im Kapitel 4.1 getroffenen Aussagen zum thermischen Komfort bestätigen. Bei kalten oder moderaten Außentemperaturen werden Raumtemperaturen im empfohlenen Bereich erreicht. Bei hohen Außentemperaturen (> 24°C) treten Temperaturen außerhalb des nach DIN1946 Teil 2 zulässigen Bereichs auf.

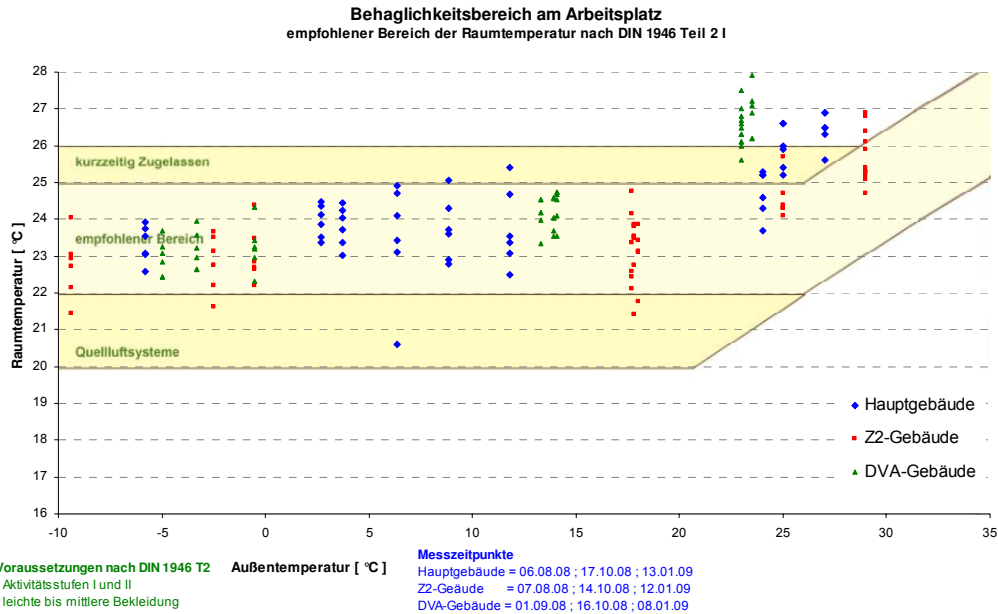
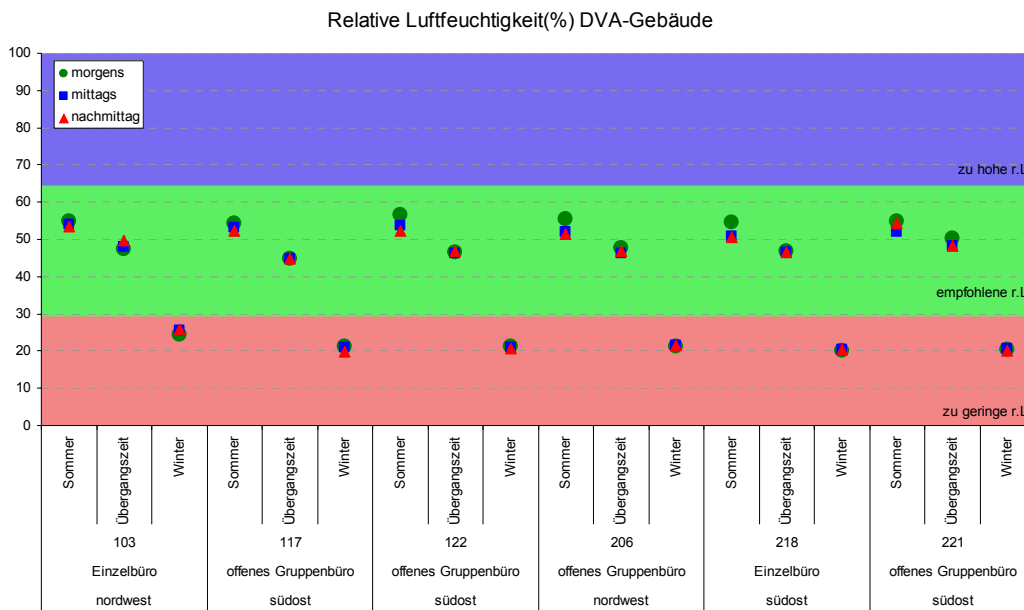


Abbildung 14. Raumtemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur

Die relative Luftfeuchte innerhalb des DVA-Gebäudes ist in Abbildung 15 dargestellt.



**Abbildung 15. Relative Luftfeuchtigkeit DVA-Gebäude**

Im Winter ist überwiegend eine starke Unterschreitung des gesundheitsförderlichen Bereichs von min. 30% r.L. zu verzeichnen. Dies hat ein erhöhtes Erkältungsrisiko durch eine herabgesetzte Immunabwehr zur Folge. Im Sommer und der Übergangszeit lag die relative Luftfeuchtigkeit im empfohlenen Bereich (zwischen 30 und 65% DIN 1946). In der Hauptverwaltung und im Gebäude Z-Zwo herrscht im Winter ebenfalls eine zu geringe Luftfeuchtigkeit. Der empfohlene Bereich wird in der Übergangszeit bei beiden Gebäuden eingehalten, siehe Anhang 2.

Bei der Summen-VOC-Messung liegen die im Raum gemessenen Werte nicht signifikant über den außen gemessenen Werten ( $> 15\%$ ), siehe Abbildung 16. Bei Fensterlüftung und mechanischer Lüftung ohne spezielle Filtertechnik (Aktivkohle) ist die Konzentration im Raum, bedingt durch innere Quellen höher als die der Außenluft. Von der Notwendigkeit einer gaschromatographischen Bestimmung der einzelnen VOCs ist somit abgesehen worden. Die Auswertung zur Hauptverwaltung ist im Anhang 2 dargestellt.

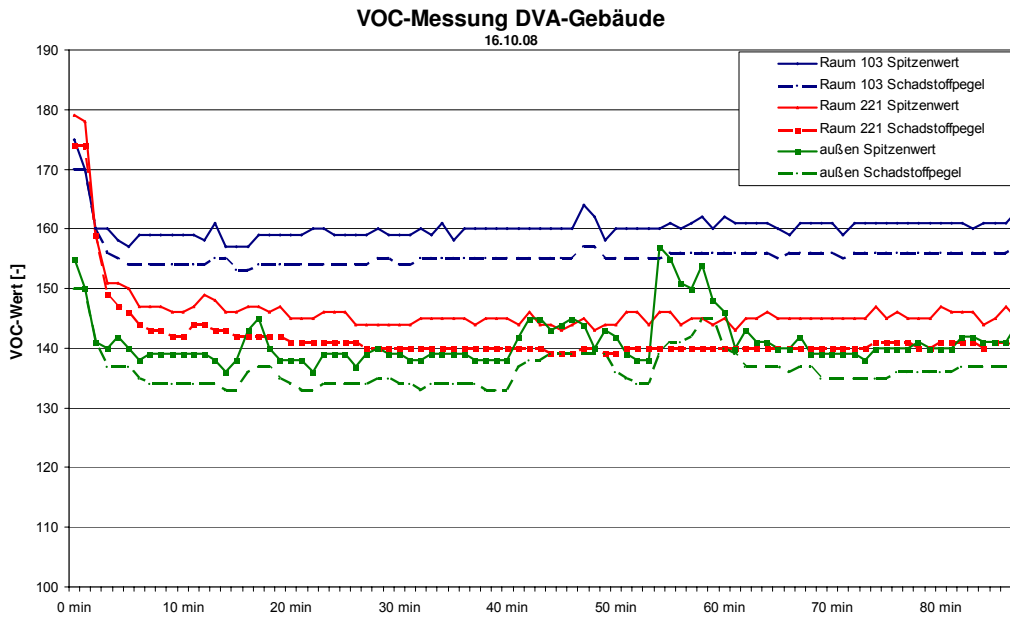


Abbildung 16 VOC-Messung DVA-Gebäude (Übergangszeit)

## 4.7 Nutzerfragebogen

Die Auswertung der Nutzerfragebögen wies in vielen Punkten eine Übereinstimmung mit den durchgeführten Messungen auf. Im Sommer sind die klimatischen Bedingungen in allen 3 Gebäuden als zu warm empfunden worden was durch die Messungen bestätigt werden konnte, siehe Kapitel 4.1. Im Winter gab es Beanstandungen wegen zu trockener Luft, siehe Abbildung 17, was auch messtechnisch nachgewiesen worden ist, siehe Anhang 2. Die Beleuchtung am Arbeitsplatz ist als gut geschildert worden. Dies lässt sich durch die Messwerte bestätigen. Allgemein kann durch eine Umfrage der Nutzer eine erste Einstufung der Arbeitsplatzbedingungen getroffen werden. Lediglich in dem Punkt der Luftqualität führt die subjektive Beurteilung der Nutzer zur einer deutlichen Abweichung vom Messergebnis. Warme, schwüle Luft wird von den Nutzern als schlechte Luftqualität beurteilt, bei der Messung wird die CO<sub>2</sub>-Konzentration wiedergegeben.

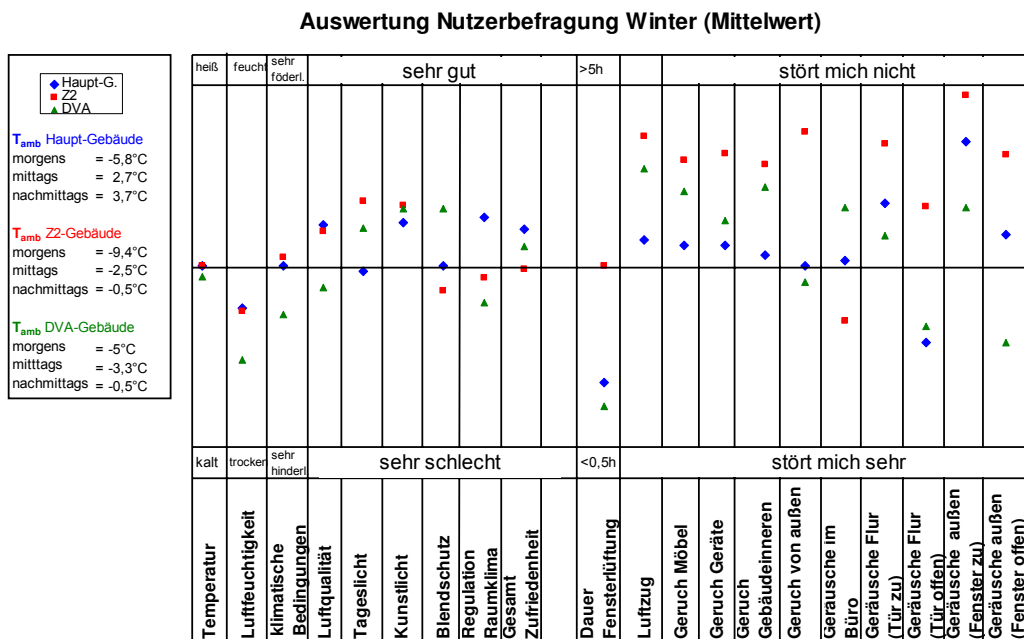


Abbildung 17. Auswertung der Nutzerfragebögen

## 5 Zusammenfassung und Fazit

### 5.1 Kategorisierung von PMV und PPD nach DIN EN ISO 7730

Die Diagramme zu PMV und PPD zeigen, dass die Hauptverwaltung in den Sommermonaten überwiegend außerhalb der Kategorisierung nach Anhang A der DIN EN ISO 7730 liegt. In der Übergangszeit sind die meisten Werte in den Kategorien B und C angesiedelt. Im Winter stellt sich die Situation besser dar, hier sind die Werte überwiegend in Kategorie B.

Die Einstufung der Hauptverwaltung im Sommer könnte mit einer Reduktion der externen Wärmegewinne verbessert werden. Die Möglichkeit der Fensterlüftung wird durch die geringen Luftgeschwindigkeiten und höheren Temperaturen im Atrium stark eingeschränkt. Die Geruchsbelastung im Inneren des Atriums schränkt die Lüftung der angrenzenden Büros zusätzlich weiter ein.

Das Gebäude Z-Zwo weist ein besseres thermisches Verhalten auf. Hier liegen die Werte im Sommer in den Kategorien B und C. In der Übergangszeit sind die meisten Werte in Kategorie B, im Winter zwischen Kategorie A und B. Eine Verbesserung der Einstufung könnte durch ganz zu öffnende Fenster erreicht werden. Zudem akzeptieren Nutzer mit der Möglichkeit der Fensterlüftung höhere Temperaturen.

PMV und PPD sind im DVA-Gebäude im Sommer mittags und nachmittags außerhalb der Kategorisierung nach DIN EN ISO 7730 (Kategorie D). Während der Messung in der Übergangszeit sind Sie an der oberen Grenze von Kategorie C angesiedelt. Im Winter sind nahezu alle Werte der Kategorie B zuzuordnen. Die im Sommer auftretenden Lasten werden durch die „vermutlich“ ungekühlte mechanische Zuluft der Büros im Südosten nicht ausreichend abgedeckt. Der Aufheizung des Gebäudes kann wegen ungenügender Fensterlüftung (keine Querlüftung möglich) weder tags noch nachts entgegengewirkt werden. Evtl. könnte hier mit veränderten Betriebszeiten der Lüftung eine Verbesserung der Situation erreicht werden.

### 5.2 Zugluft Detektion

In der Hauptverwaltung und im DVA-Gebäude konnte keine Unbehaglichkeit verursacht durch Zugluft nachgewiesen werden (draught rate < 10%). Im Z-Zwo wurde bei einer Stichprobe während der Wintermessung ein Bereich gefunden in dem eine Luftbewegung (> 0,2 m/s) statt gefunden hat. Eine nähere Untersuchung der Problematik war im Rahmen der Komfortmessung nicht beauftragt.



### 5.3 Luftqualität (CO<sub>2</sub>-Konzentration)

Während der Wintermessung wurde in den Gebäuden (HV, Z2) ohne mechanische Zuluft eine erhöhte CO<sub>2</sub>-Konzentration gemessen. Die Problematik wird bei Z-Zwo durch die nicht vollständig zu öffnenden Fenster verstärkt so dass, hier auch teilweise während der Übergangszeit, eine erhöhte Konzentration von über 1000 ppm besteht.

### 5.4 Arbeitsplatzbeleuchtung

Die Beleuchtung der Arbeitsplätze in der Hauptverwaltung ist ausreichend gewährleistet. Allerdings haben die dem Atrium zugewandten Büroräume eine schlechte Beleuchtung mit Tageslicht. In den Wintermonaten sind die unteren Stockwerke des Gebäudes von diesem Effekt besonderes stark betroffen. Gleichzeitig konnte eine ausreichende Beleuchtung durch Kunstlicht für alle Räume nachgewiesen werden.

In dem Bürogebäude Z2 ist eine bessere Beleuchtung durch Tageslicht vorhanden. Die außen liegenden Büroräume können bei entsprechenden Tageslichtverhältnissen komplett über Tageslicht beleuchtet werden. Bei manchen Büros mit östlicher Orientierung könnte durch verstellen oder hinzufügen einer weiteren Einzelleuchte ein noch besseres Beleuchtungsergebnis erreicht werden.

Im DVA-Gebäude ist die Beleuchtung mit Tageslicht nur im eingeschränkten Maß möglich. Die an der Nordwestseite gelegenen Büros haben aufgrund ihrer Orientierung und des Innenhofs wenig Tageslicht. Die Richtung Südosten gelegenen Büros haben ausreichend Tageslicht, allerdings muss oft der Sonnenschutz herunter gelassen werden da sonst eine Blendung beim Arbeiten am PC eintritt. Die installierten Kunstleuchten sorgen für ausreichend Beleuchtung

### 5.5 Zusätzliche Klima-Auswertungen

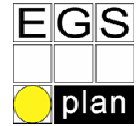
Die zusätzliche Klima-Auswertung nach DIN1946 konnte die Erkenntnisse der berechneten PMV-Werte bestätigen. Im Sommer herrscht in den untersuchten Gebäuden ein zu warmes Klima.

In den Wintermonaten herrscht in allen Bürogebäuden eine zu geringe relative Luftfeuchtigkeit. Die r.L. sollte einen Wert von 30-35 % nicht unterschreiten. Bedingt durch die niedrigen Außentemperaturen ist bei ausschließlicher Fensterlüftung dieses Problem nicht zu vermeiden. Im DVA-Gebäude könnte durch eine Befeuchtung der vorhandenen mechanischen Zuluft in den Wintermonaten dieses Problem minimiert werden.

Eine überdurchschnittliche Belastung konnte bei der VOC-Messung nicht nachgewiesen werden. Von einer gaschromatische Bestimmung der einzelnen VOC-Werte wurde daher abgesehen.

Projekt-Nr.:  
Projekt-Name:

E08337  
REG - Ed. Züblin AG



Stuttgart, den 27.01.2009

EGS-plan GmbH

i. A. Carsten Silberberger  
Dipl.-Ing. (FH)  
Umwelt- und Versorgungstechnik

## 6 Literatur

- [1] DIN EN ISO 7730: Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und der lokalen thermischen Behaglichkeit; Mai 2006
- [2] DIN 1946, Teil 2: Raumluftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln). Beuth Verlag, Berlin, 1994
- [3] Pettenkofer, Max Josef von, Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858
- [4] DIN EN 12464 Beleuchtung von Arbeitsstätten Teil2 Arbeitsstätten im Innenraum, März 2003
- [5] Anteile verschiedener Quellen an den VOC-Emissionen in Deutschland Umweltbundesamt, Berlin, 2005



10. Sind die **Geräusche** aus den benachbarten Büroräumen / Flur störend (Tür zu)?: ja  nein

stören mich sehr         gar nicht

11. Sind die **Geräusche** aus den benachbarten Büroräumen / Flur störend (Tür offen)?: ja  nein

stören mich sehr         gar nicht

12. Beeinträchtigen die **Geräusche** ausserhalb des Gebäudes Ihre Konzentration (Fenster zu)? ja  nein

stören mich sehr         gar nicht

13. Beeinträchtigen die **Geräusche** ausserhalb des Gebäudes Ihre Konzentration (Fenster offen)? ja  nein

stören mich sehr         gar nicht

14. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch **Tageslicht**?

sehr schlecht         sehr gut

15. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch **Kunstlicht**?

sehr schlecht         sehr gut

16. Wie beurteilen Sie den **Sonnen- und Blendschutz** in Ihrem Büro?

sehr schlecht         sehr gut

17. Zu dieser Jahreszeit reguliere ich die **Raumlufttemperatur** durch:

|  | ständig               | oft                   | selten                | nie                   | nicht möglich         |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Einstellung des <b>Heizkörpers</b> (Thermostat)  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einstellung des <b>Bedienpaneels</b> (GLT)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Öffnung der <b>Fensterflügel</b>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Öffnung der <b>Bürotür</b>   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Einstellung des <b>Sonnen- bzw. Blendschutzes</b>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Anpassung der <b>Bekleidung</b>  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| ( <b>andere</b> ) Z.B. Einstellung eines Ventilators oder eines elektrischen Heizlüfters | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

18. Die Möglichkeit Einfluss auf das **Raumklima** zu nehmen finde ich?

sehr schlecht         sehr gut

19. **Insgesamt** empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:

sehr unangenehm         sehr angenehm

20. Wenn Sie noch irgend etwas **über Ihren Arbeitsplatz** oder diesen kurzen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

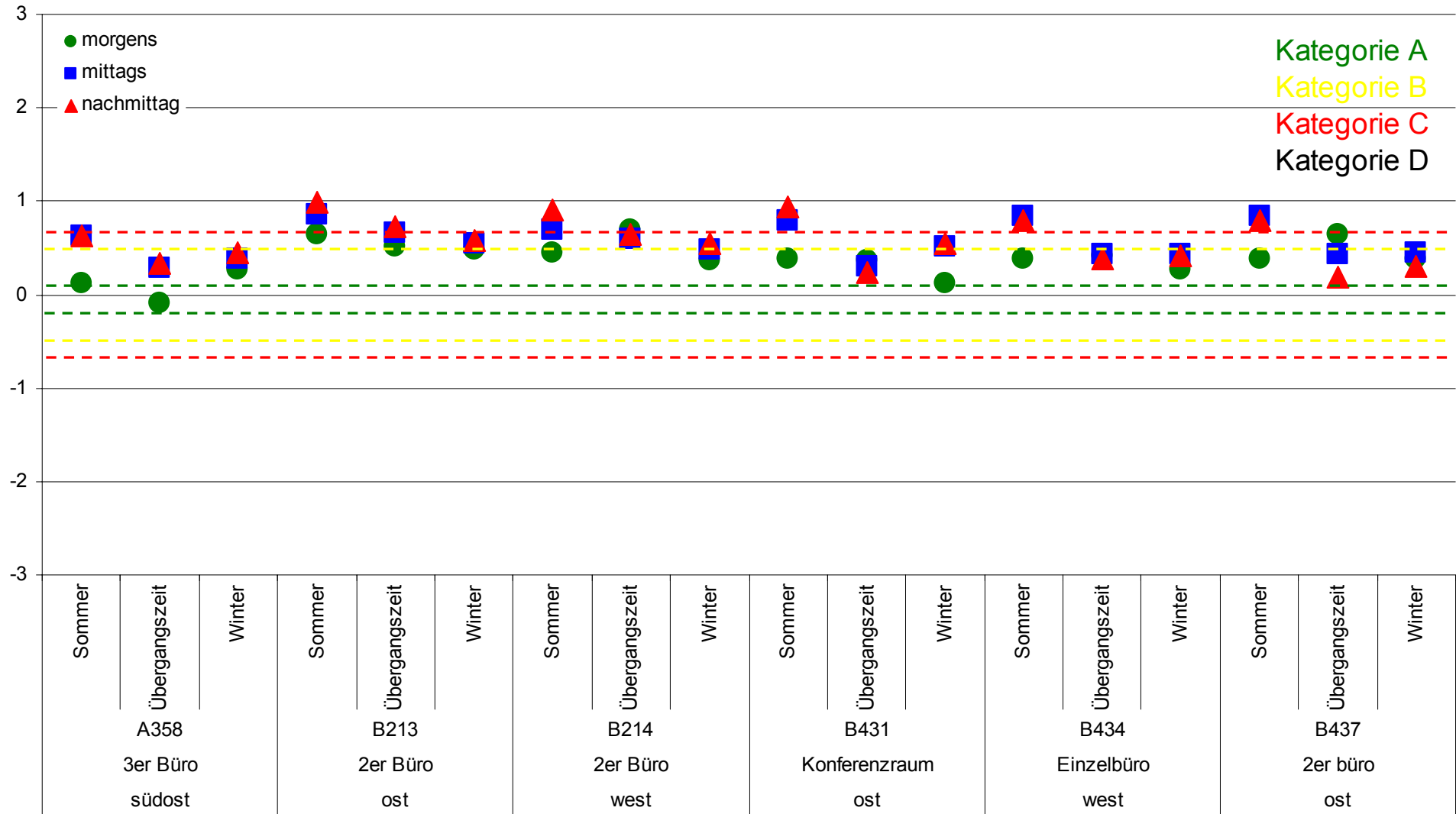
- Vielen Dank! -

## Anhang 2

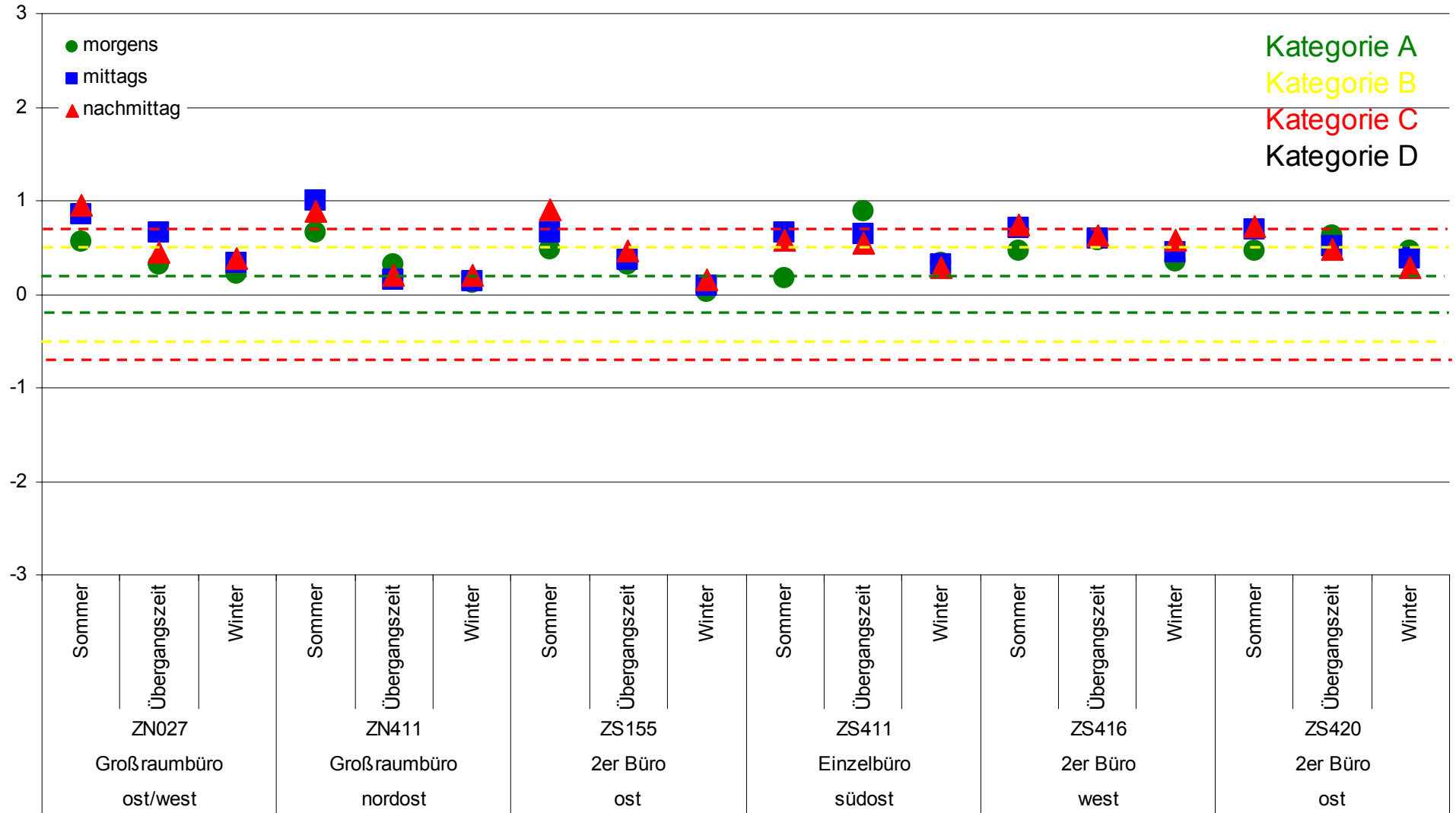
Nachfolgend sind alle ausgewerteten Messdaten als Grafik in Großformat aufgeführt.  
Diese sind wie folgt gegliedert.

- PMV Gebäudegesamtübersicht
- PMV Sommer-, Übergangszeit-, Wintermessung
- PPD Sommer-, Übergangszeit-, Wintermessung
- Zugluft (draught rate) Sommer-, Übergangszeit-, Wintermessung
- CO<sub>2</sub>-Konzentration Sommer-, Übergangszeit-, Wintermessung
- Beleuchtungsstärke LUX-Messung Übergangszeit-, Wintermessung
- Nutzerbefragung Sommer, Übergangszeit-, Wintermessung
- Auswertung der Raumtemperaturen nach DIN1946 Teil 2
- VOC-Messung Übergangszeitmessung (Hauptverwaltung, DVA Gebäude)
- Messprotokolle Übergangszeit, Winter

### PMV-Messung Haupt-Gebäude

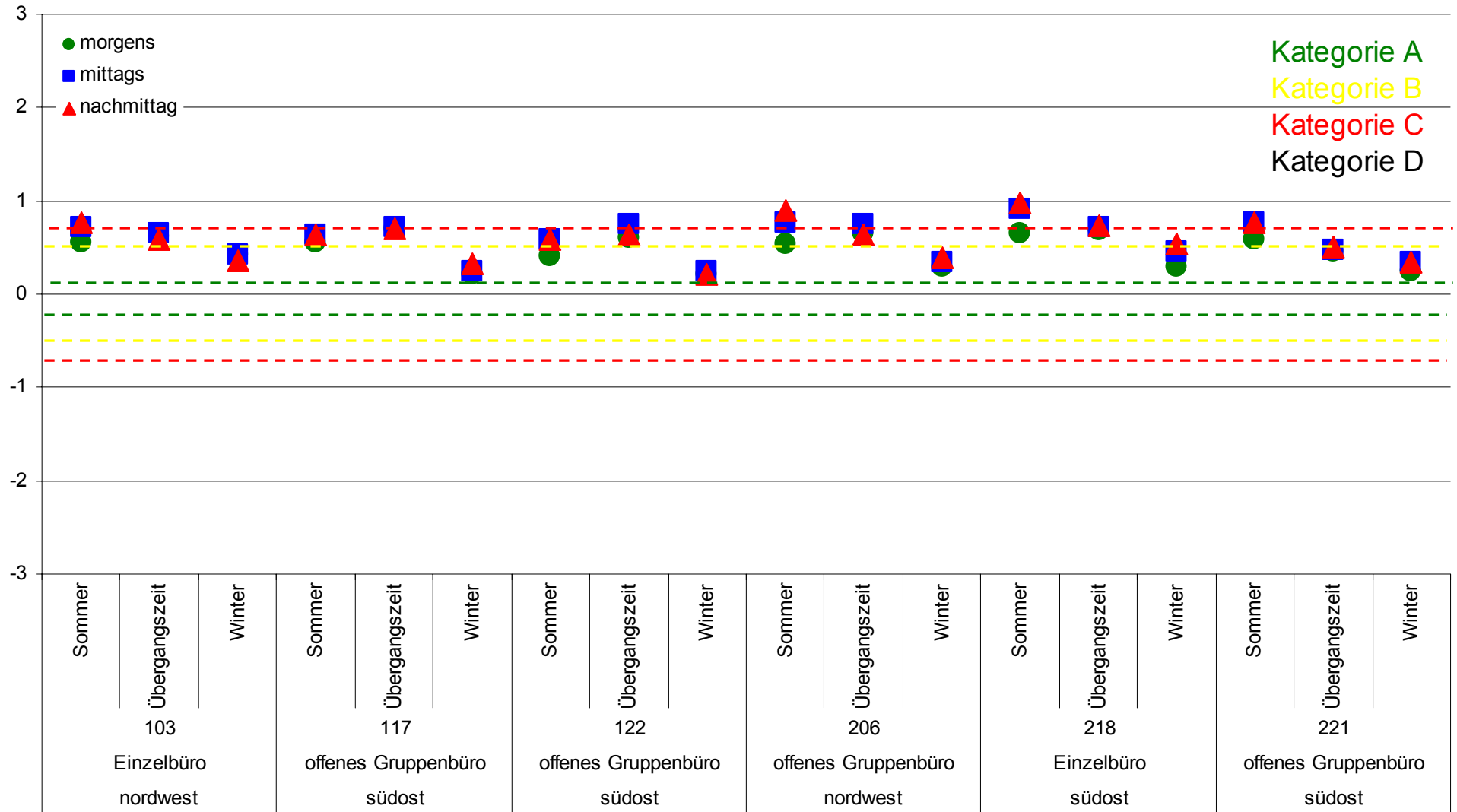


### PMV-Messung Z2-Gebäude

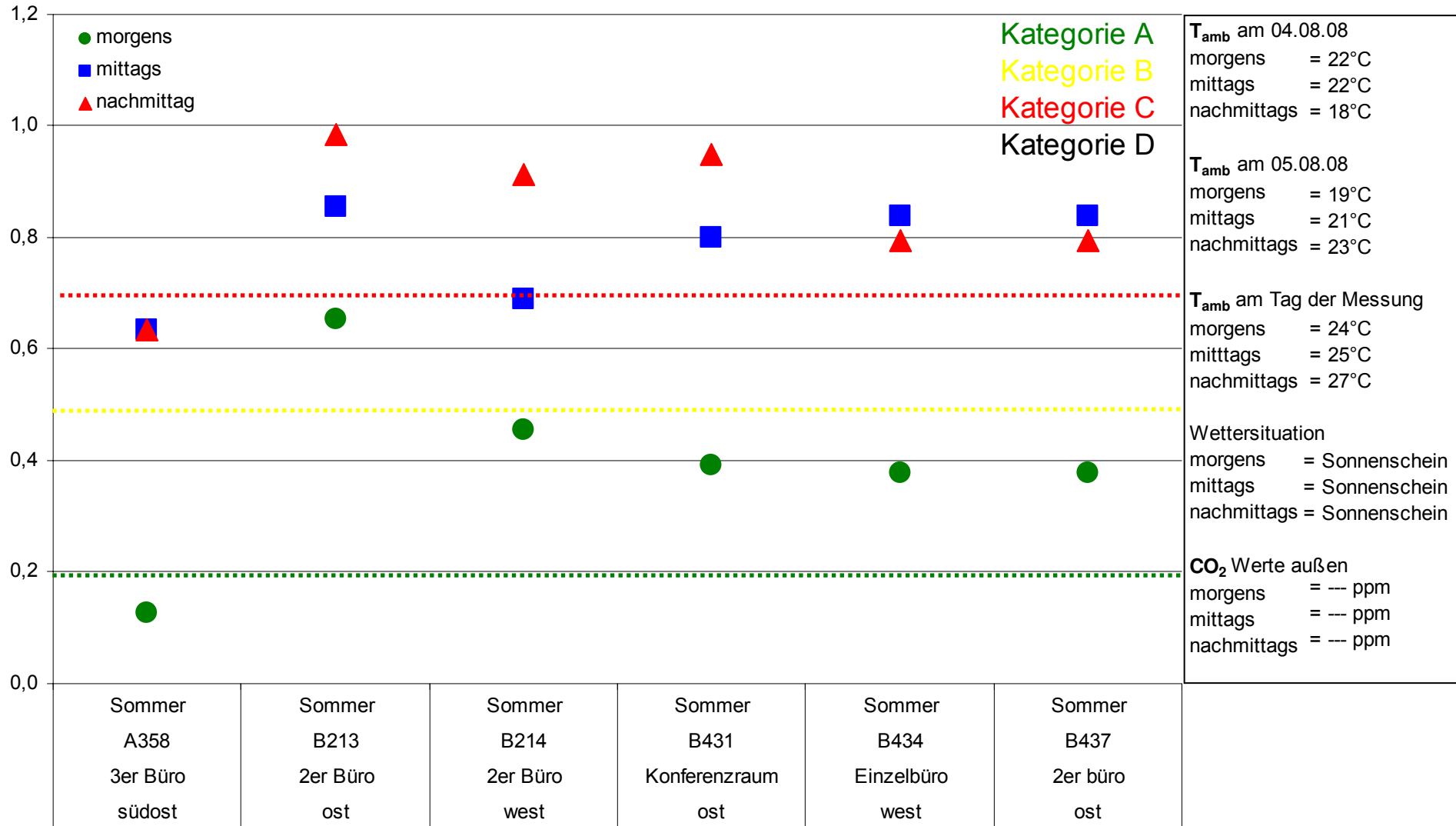




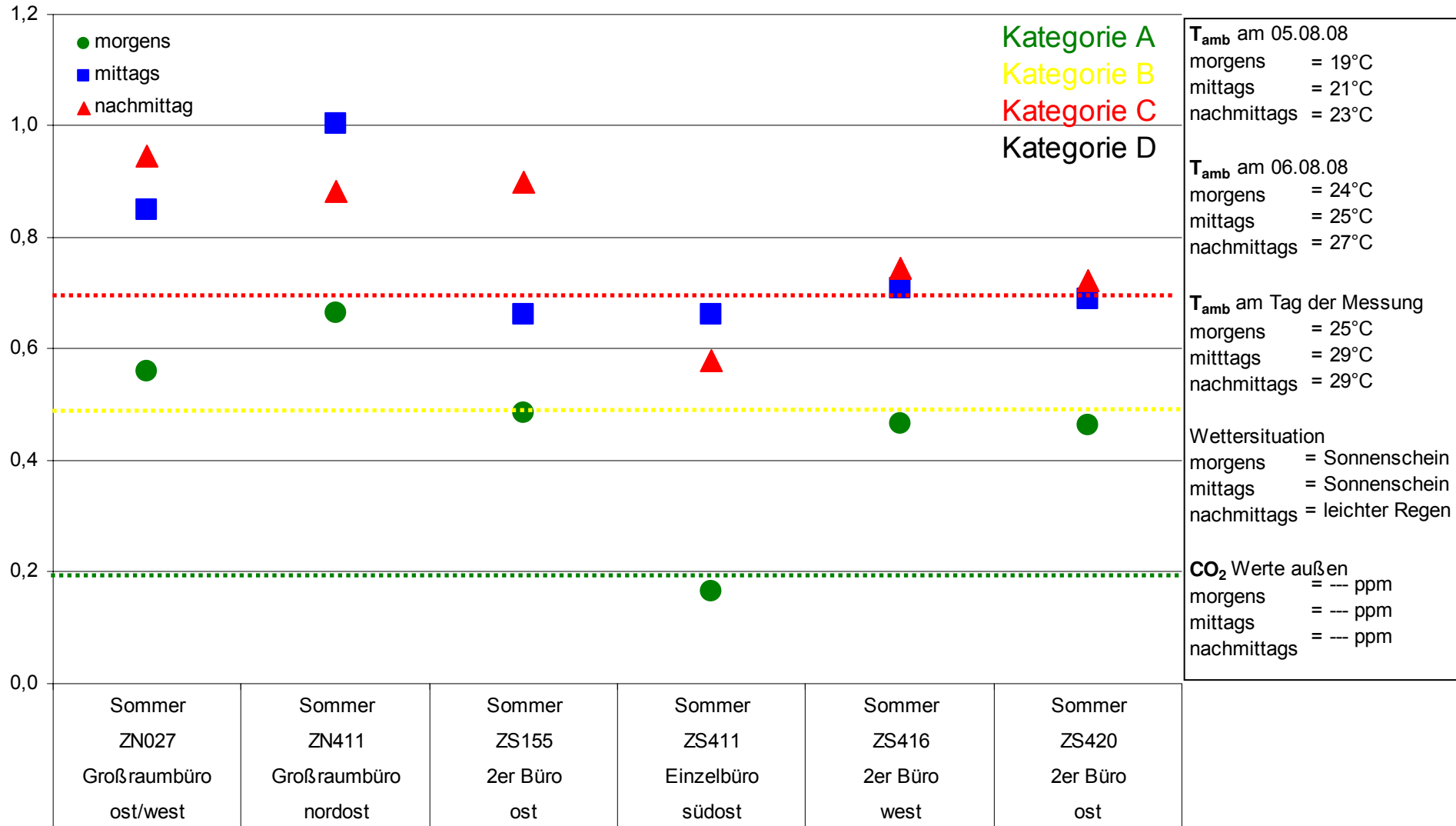
### PMV-Messung DVA-Gebäude



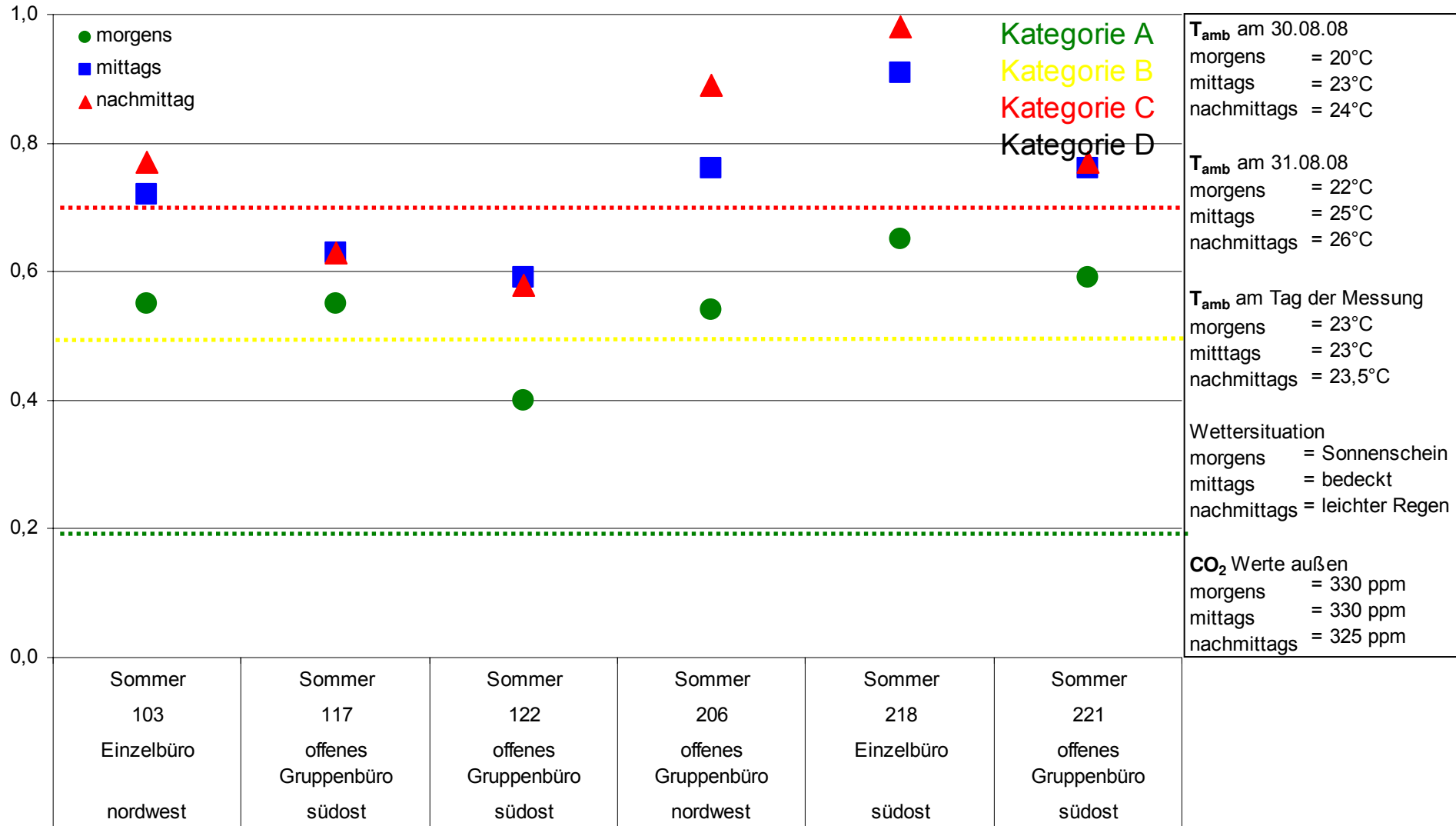
### PMV - Messung im Haupt-Gebäude am 06.08.08



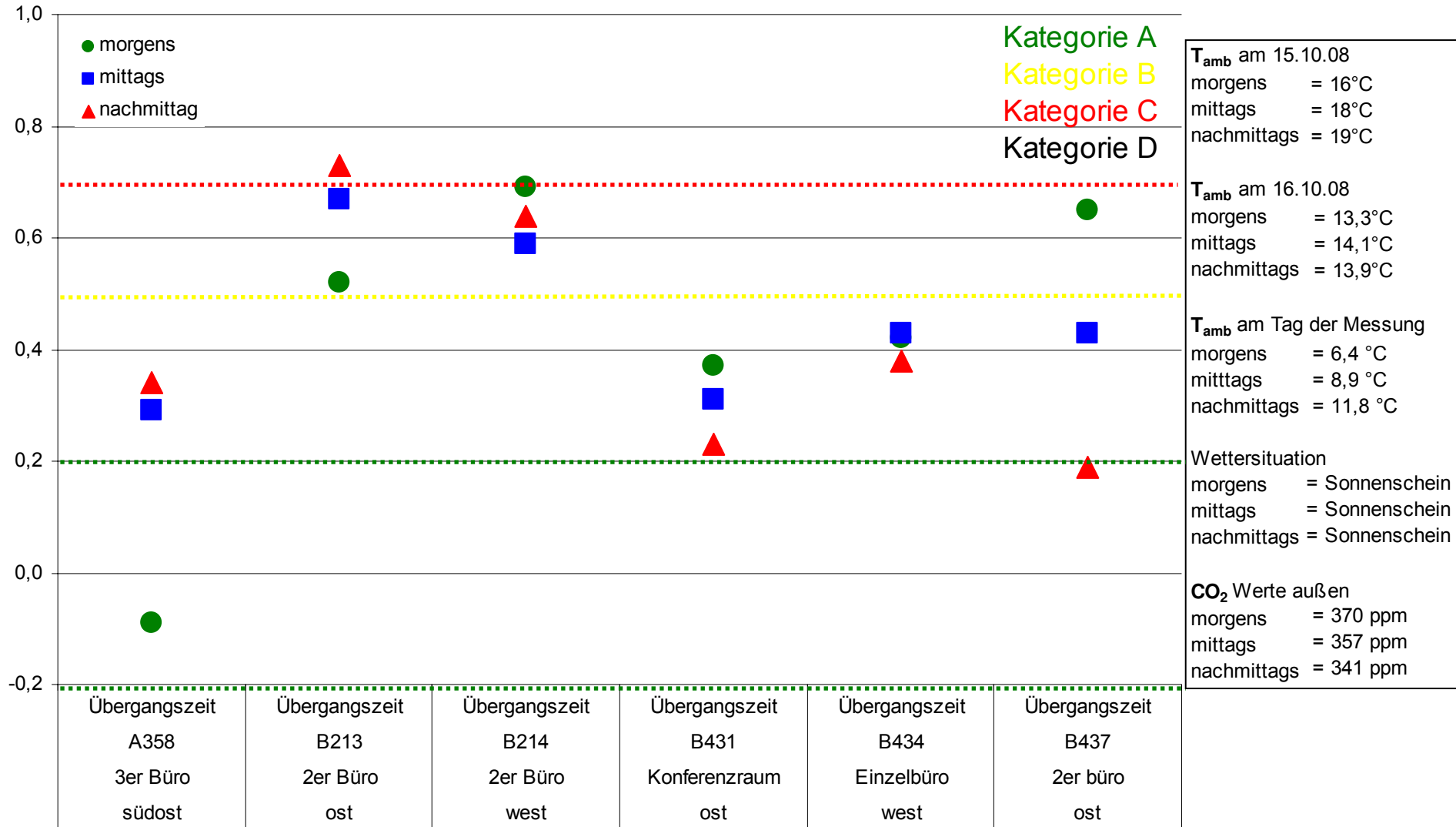
### PMV-Messung im Z2-Gebäude am 07.08.08



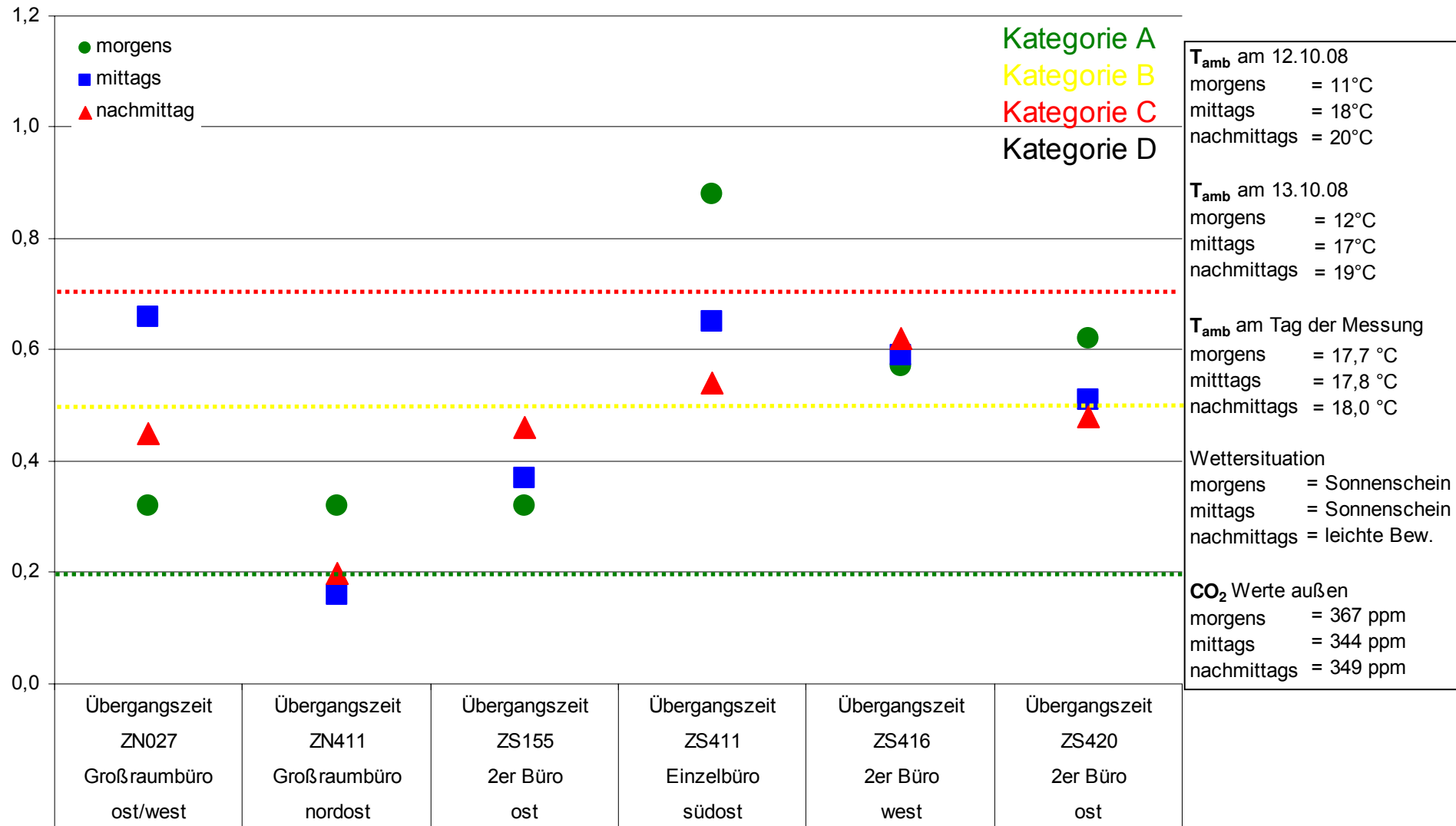
### PMV-Messung im DVA-Gebäude am 01.09.08



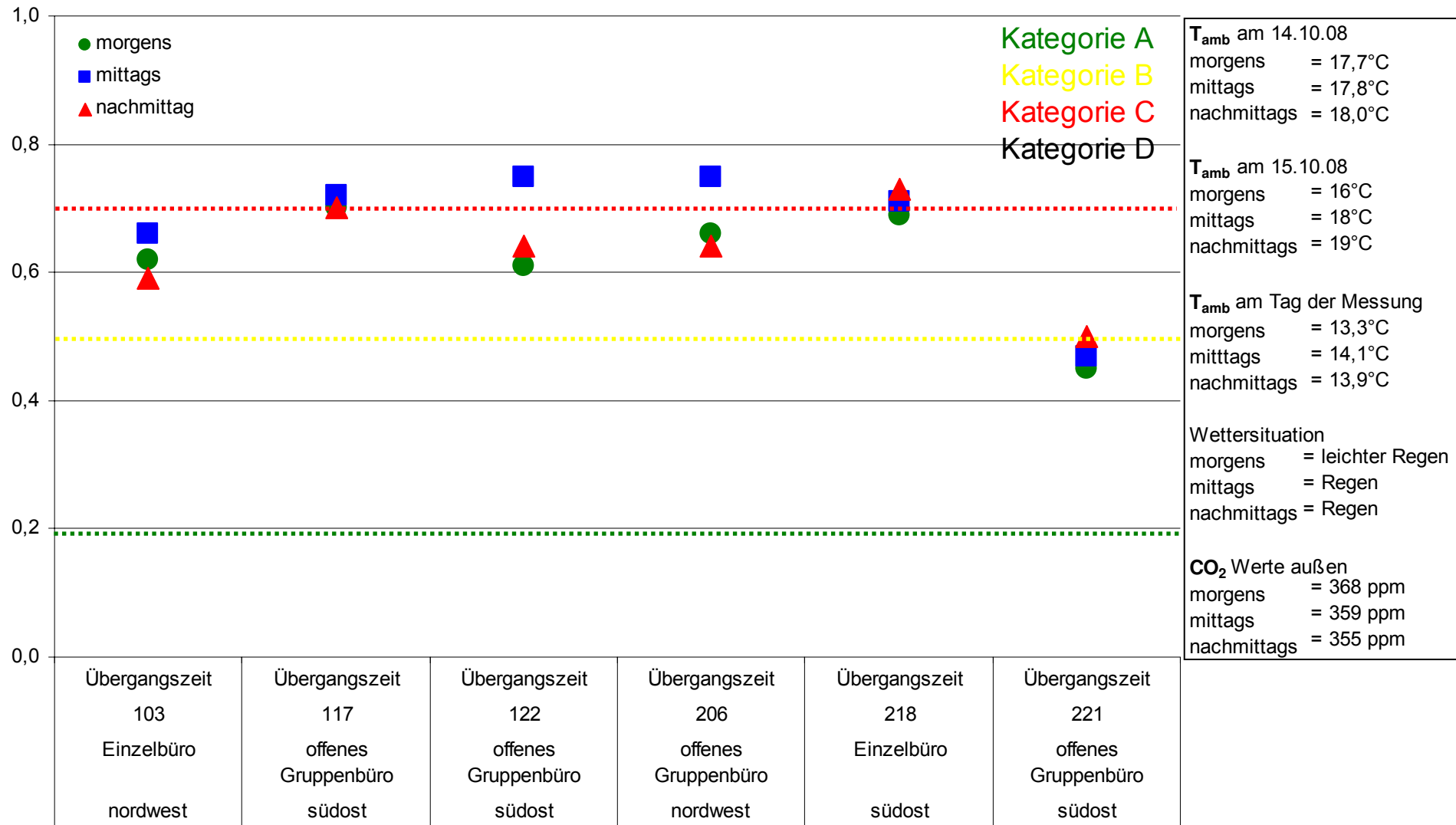
### PMV-Messung im Haupt-Gebäude am 17.10.08



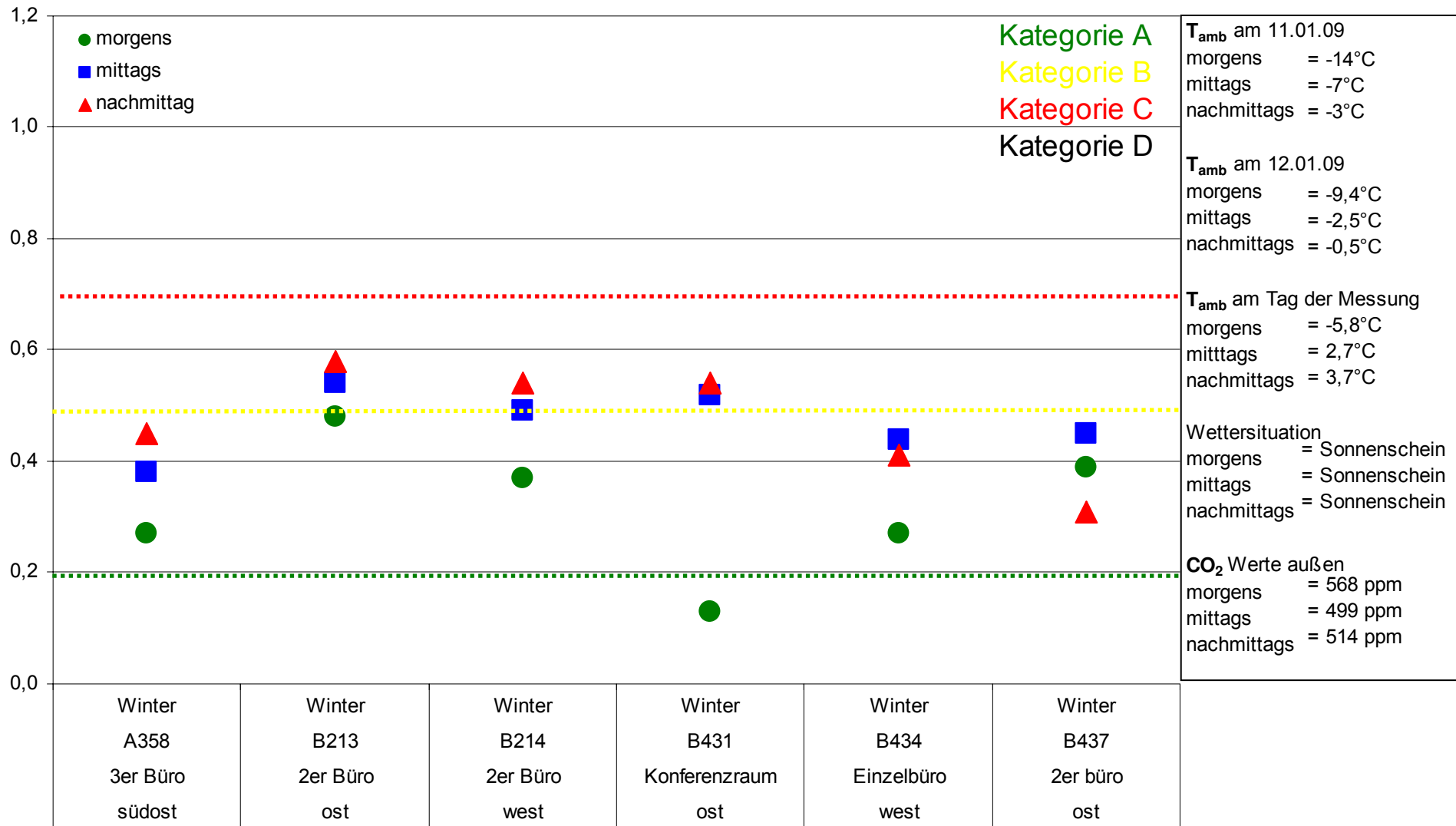
### PMV-Messung im Z2-Gebäude am 14.10.08



### PMV-Messung im DVA-Gebäude am 16.10.08

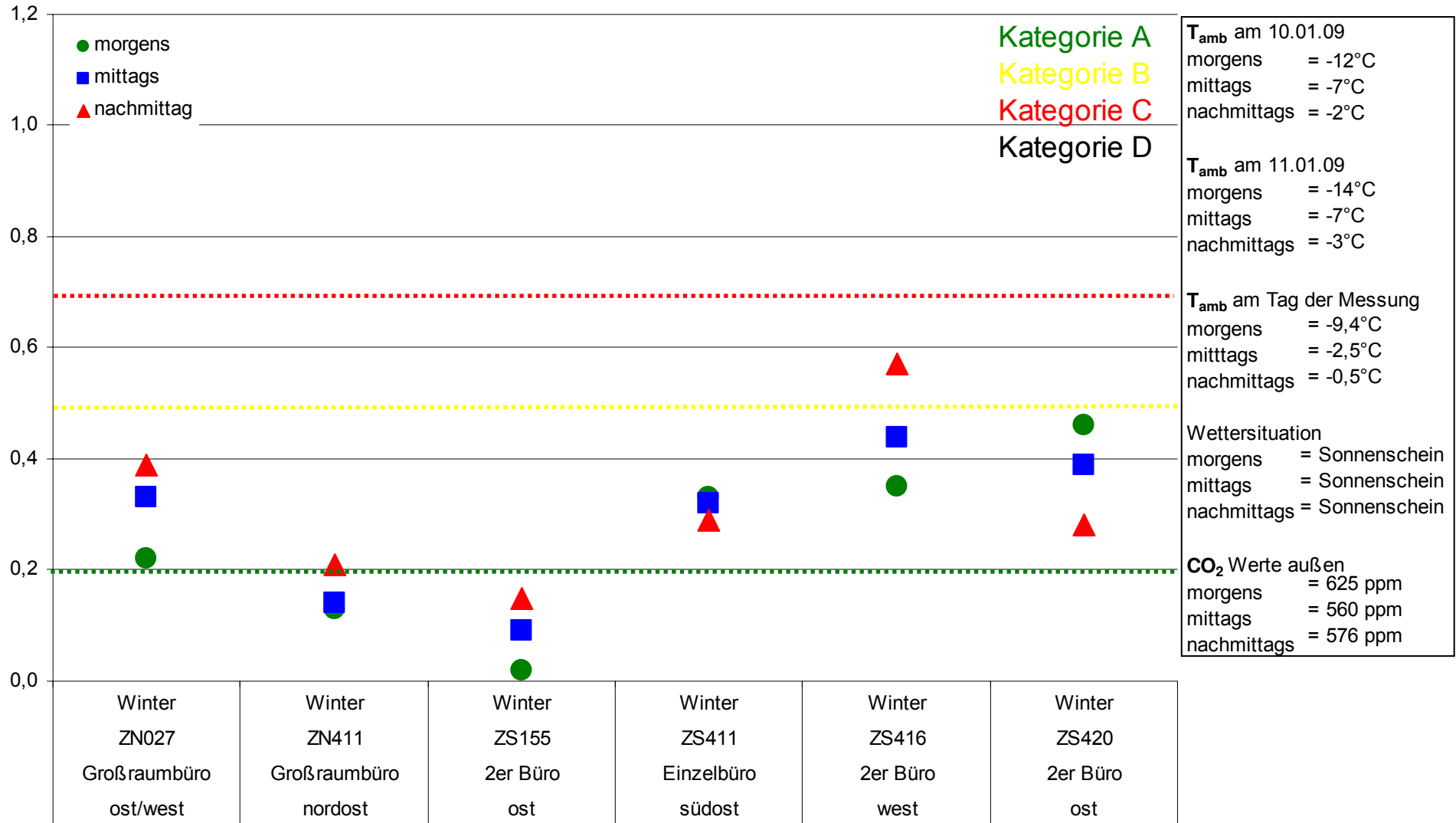


### PMV - Messung im Haupt-Gebäude am 13.01.09

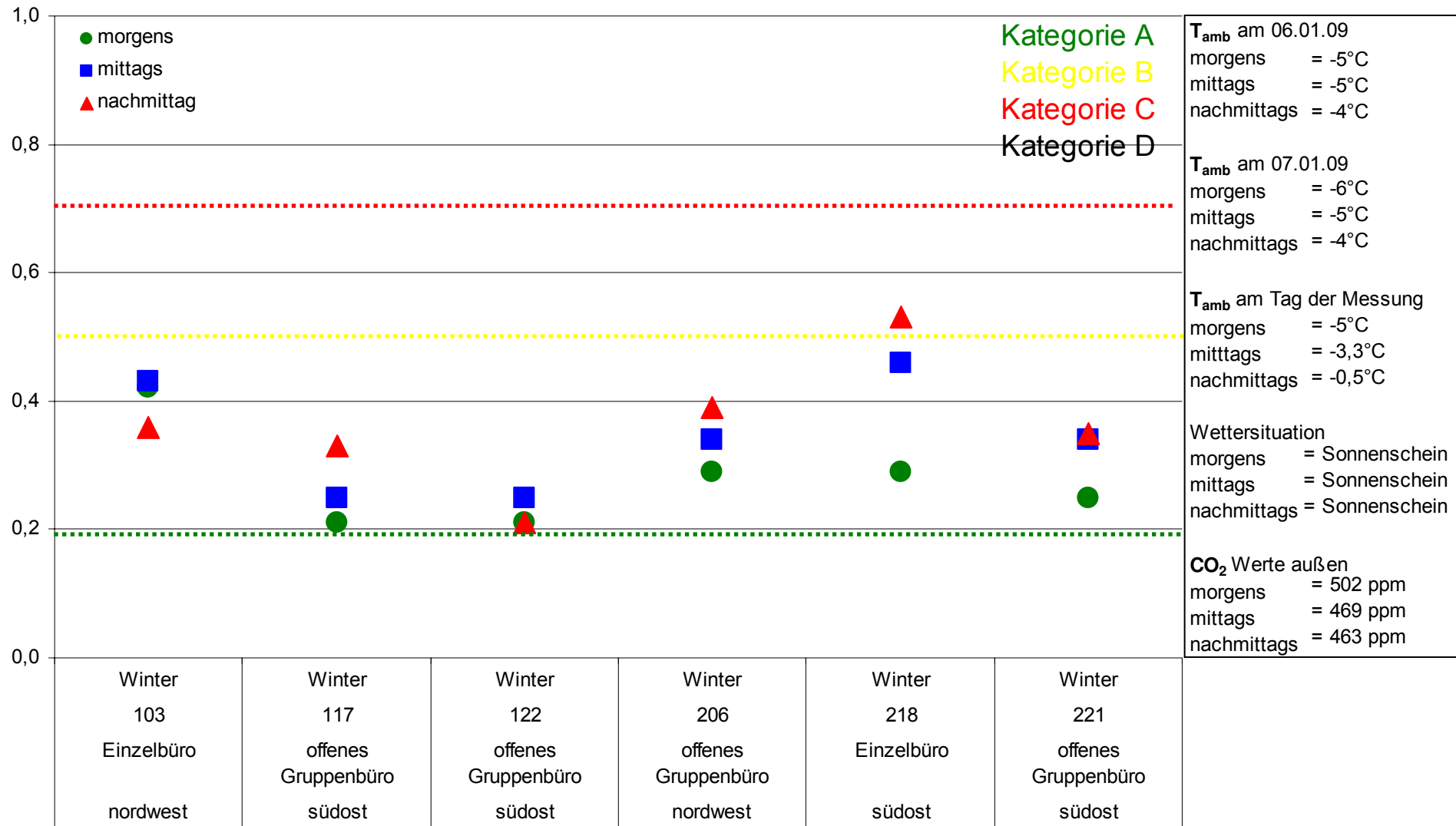




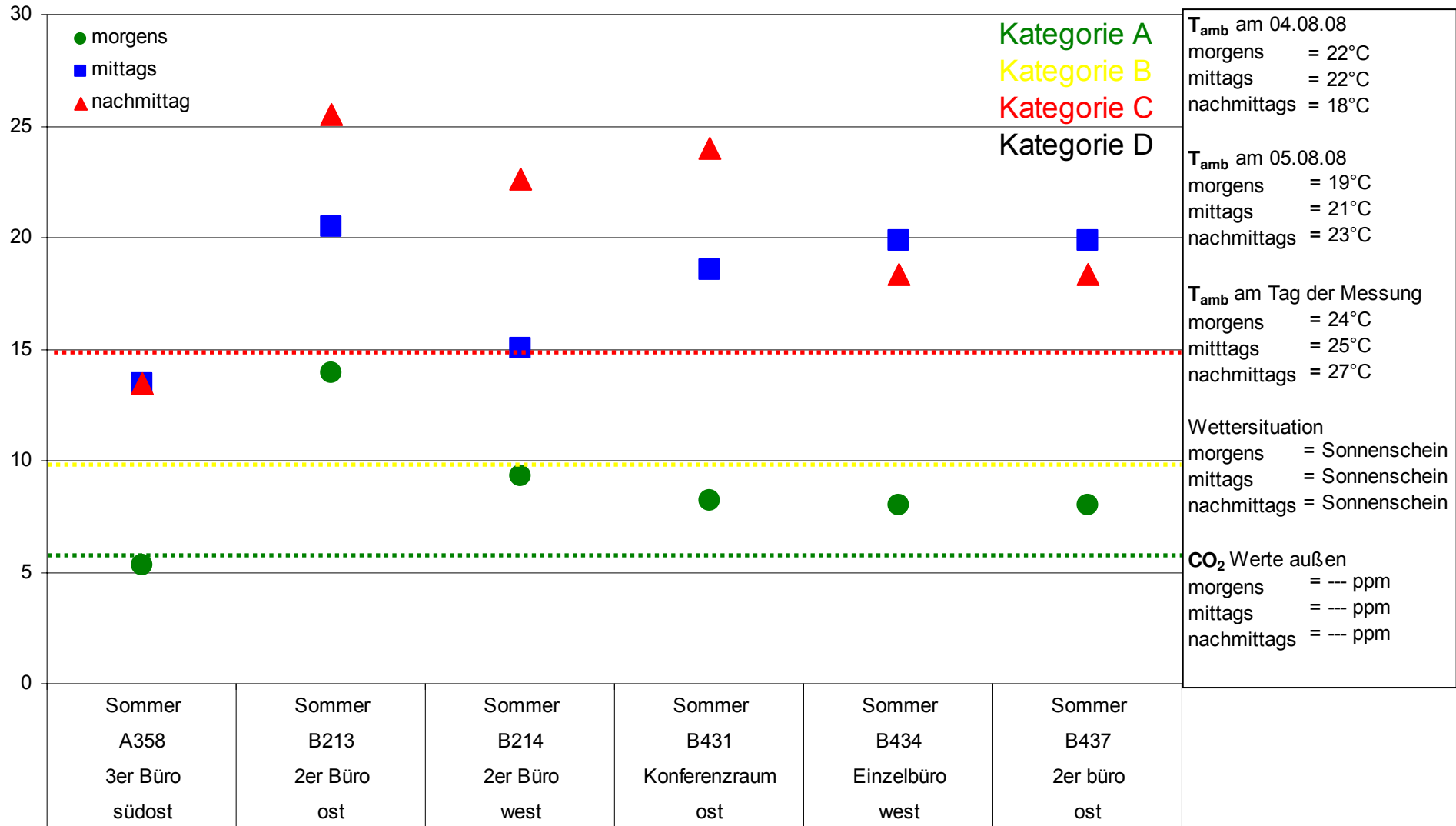
### PMV-Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09



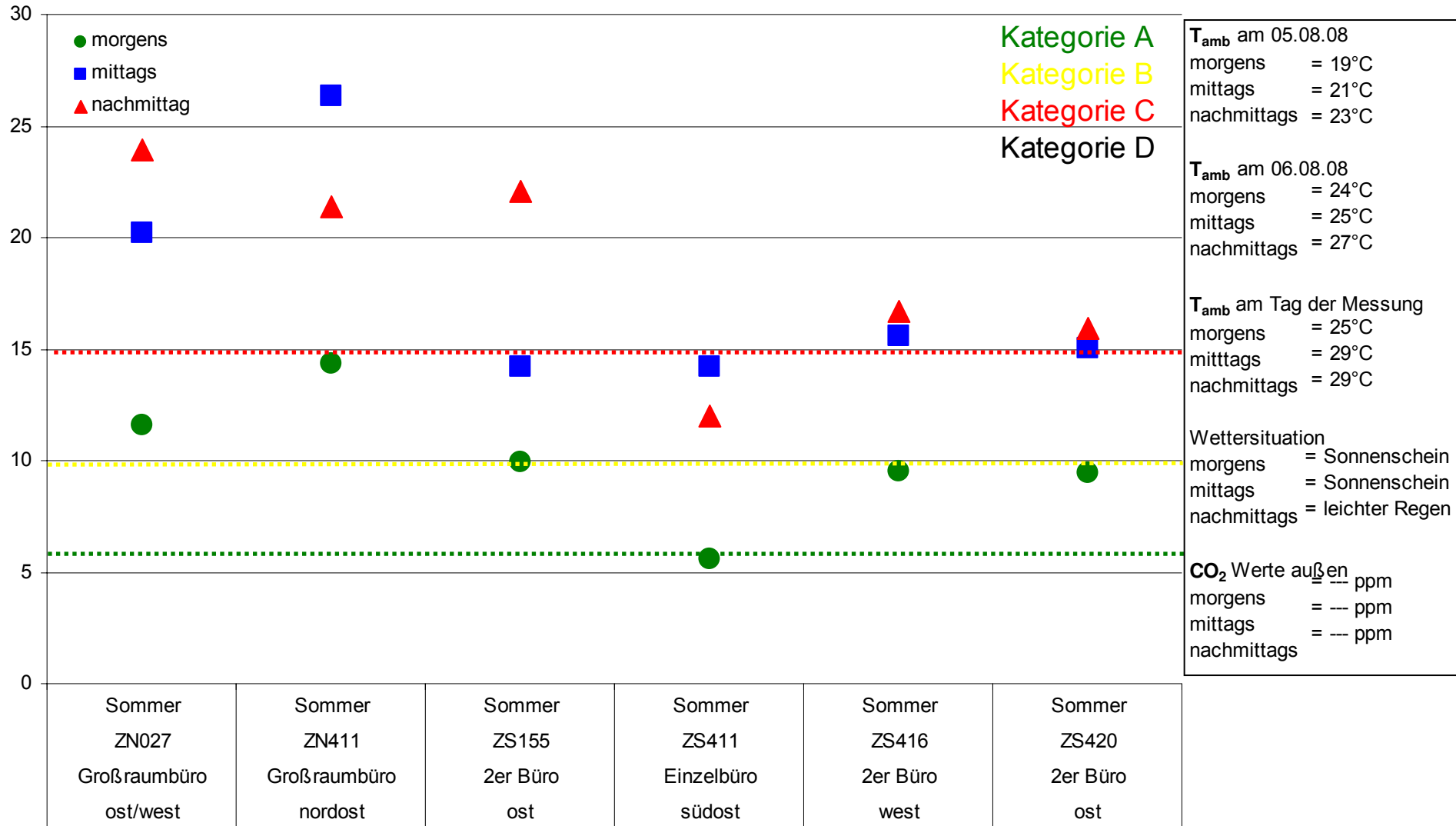
### PMV-Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09



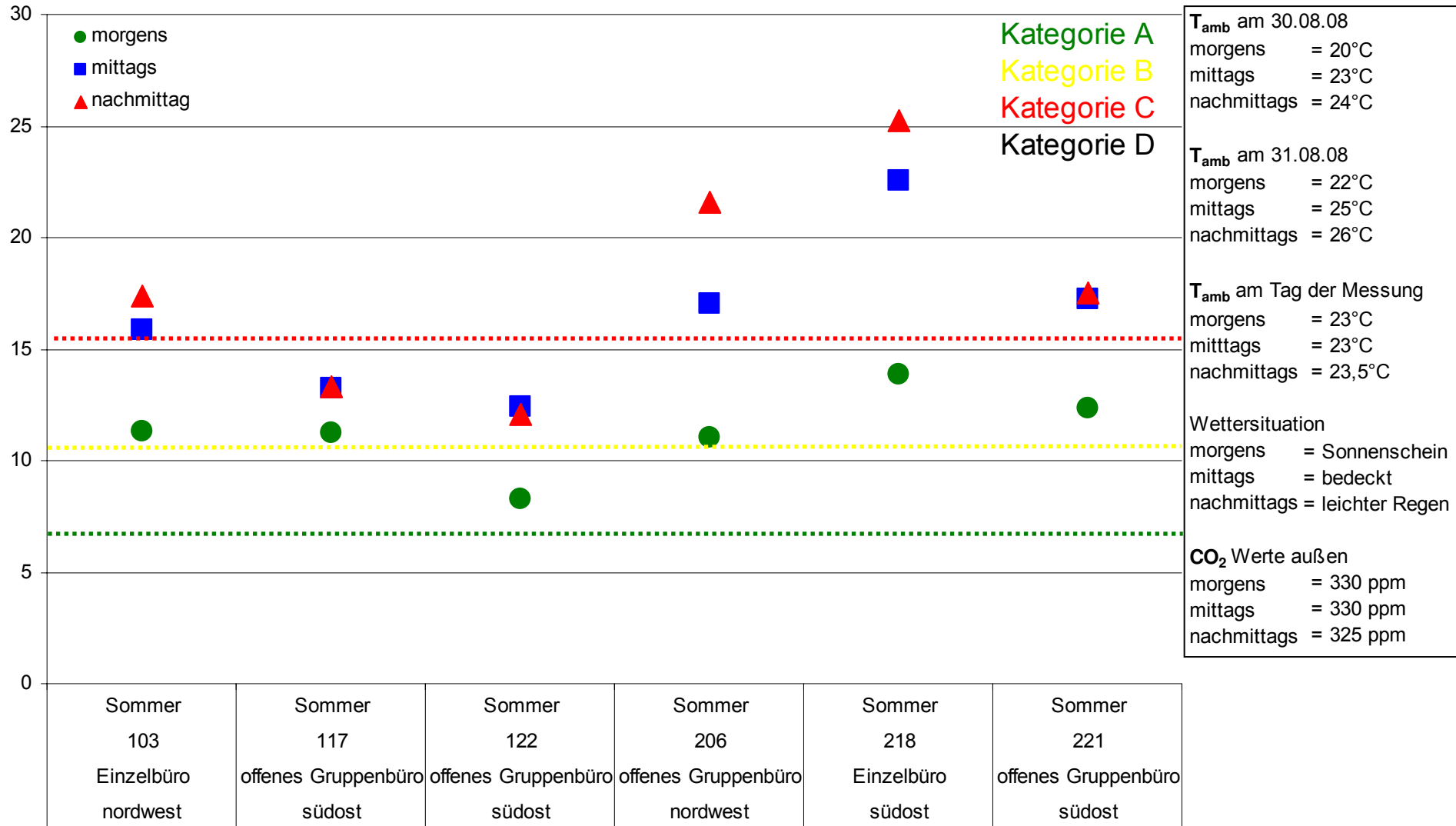
### PPD(%) -Messung im Haupt-Gebäude am 06.08.08



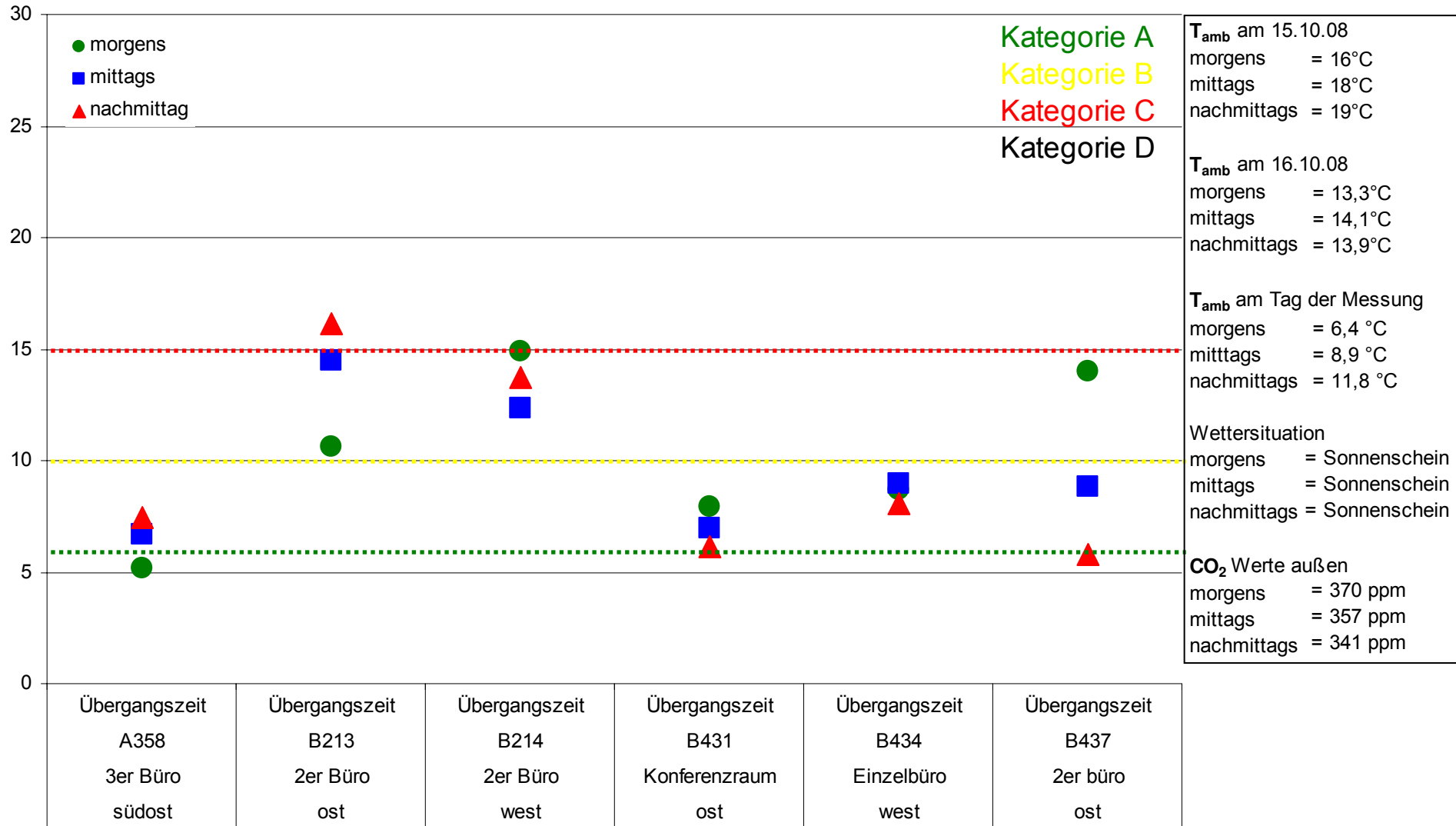
### PPD(%) - Messung im Z2-Gebäude am 07.08.08



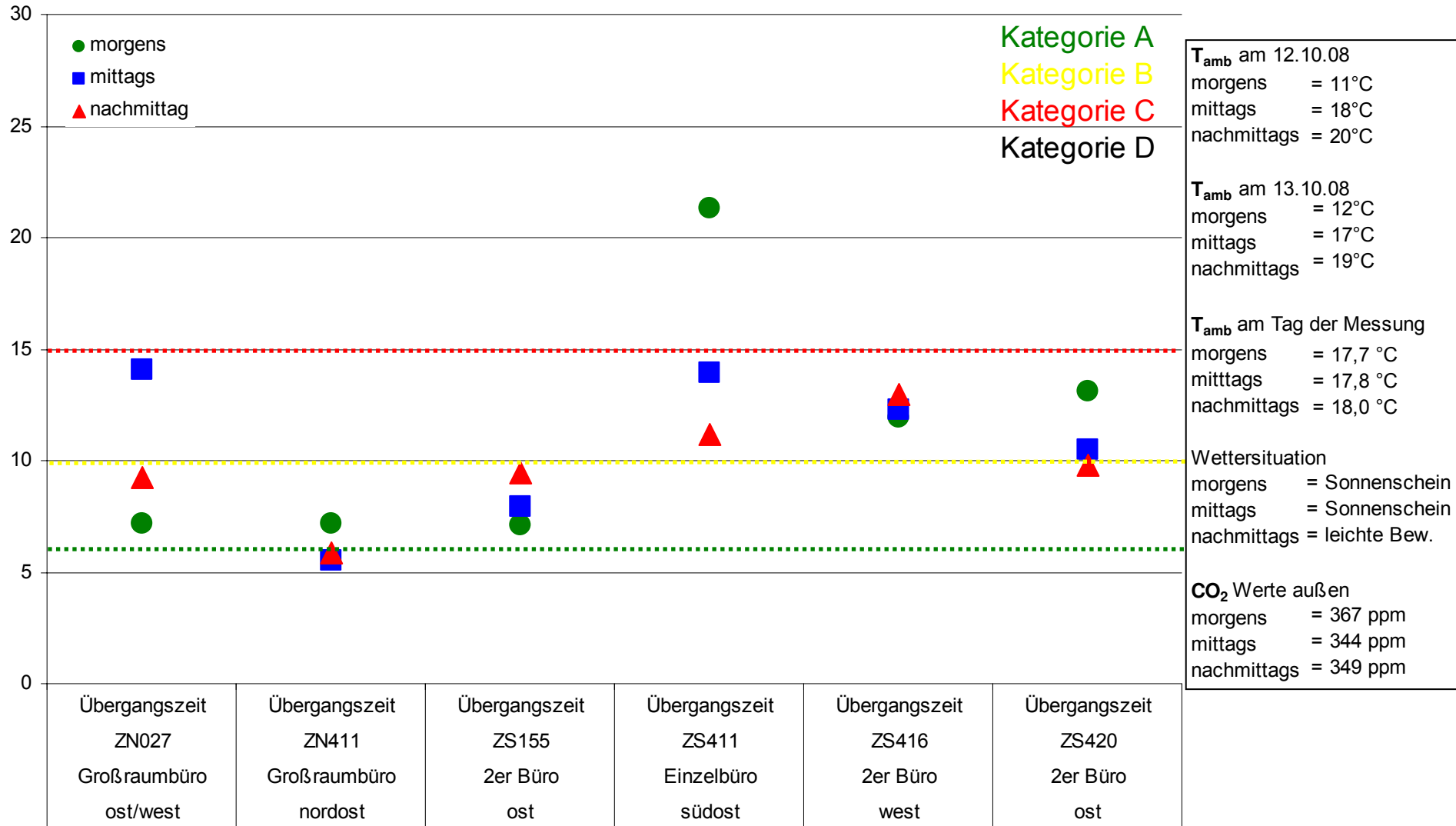
### PPD(%) - Messung im DVA-Gebäude am 01.09.08



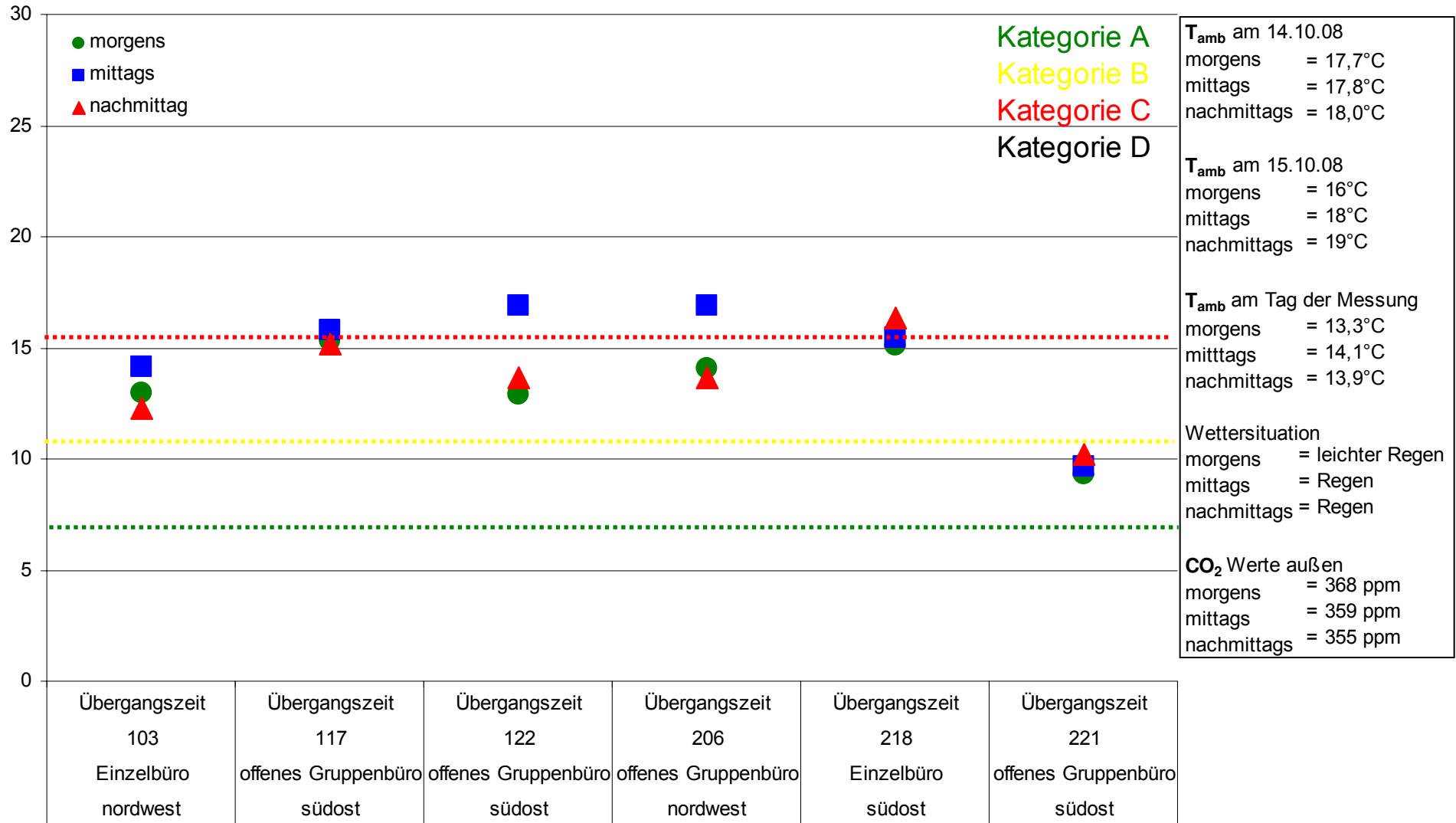
### PPD(%) - Messung im Haupt-Gebäude am 17.10.08



### PPD(%) - Messung im Z2-Gebäude am 14.10.08

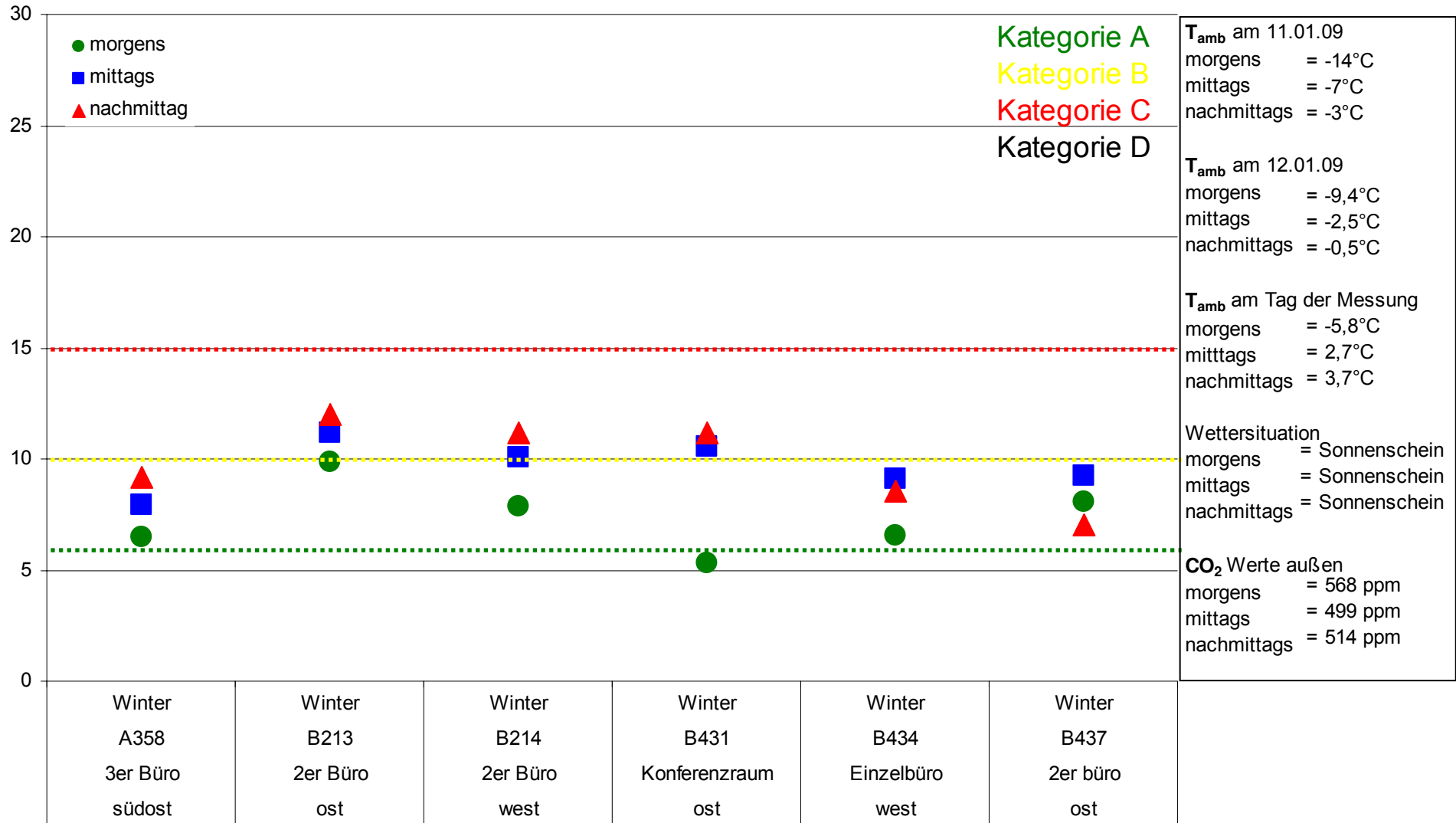


### PPD(%) - Messung im DVA-Gebäude am 16.10.08

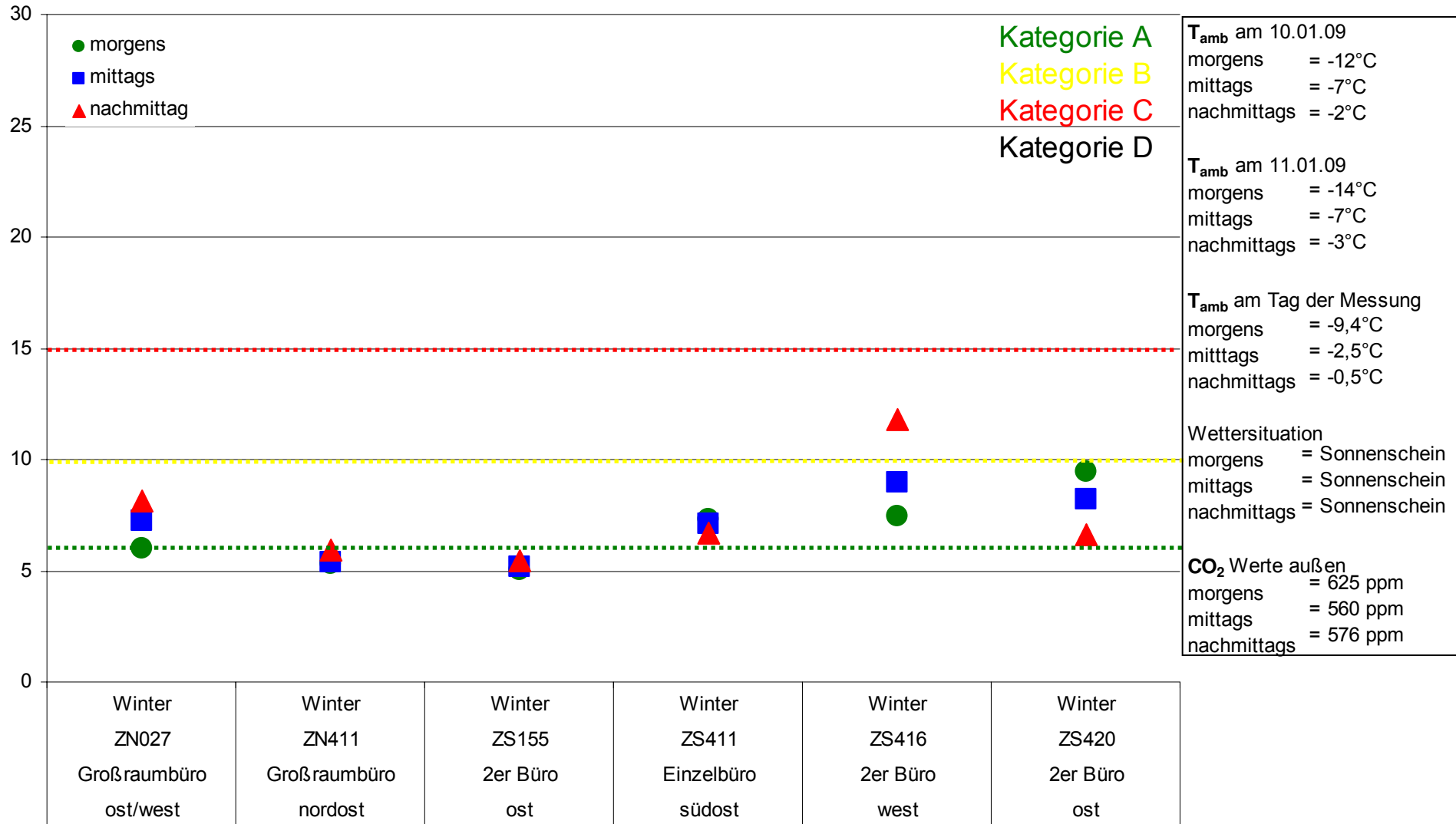




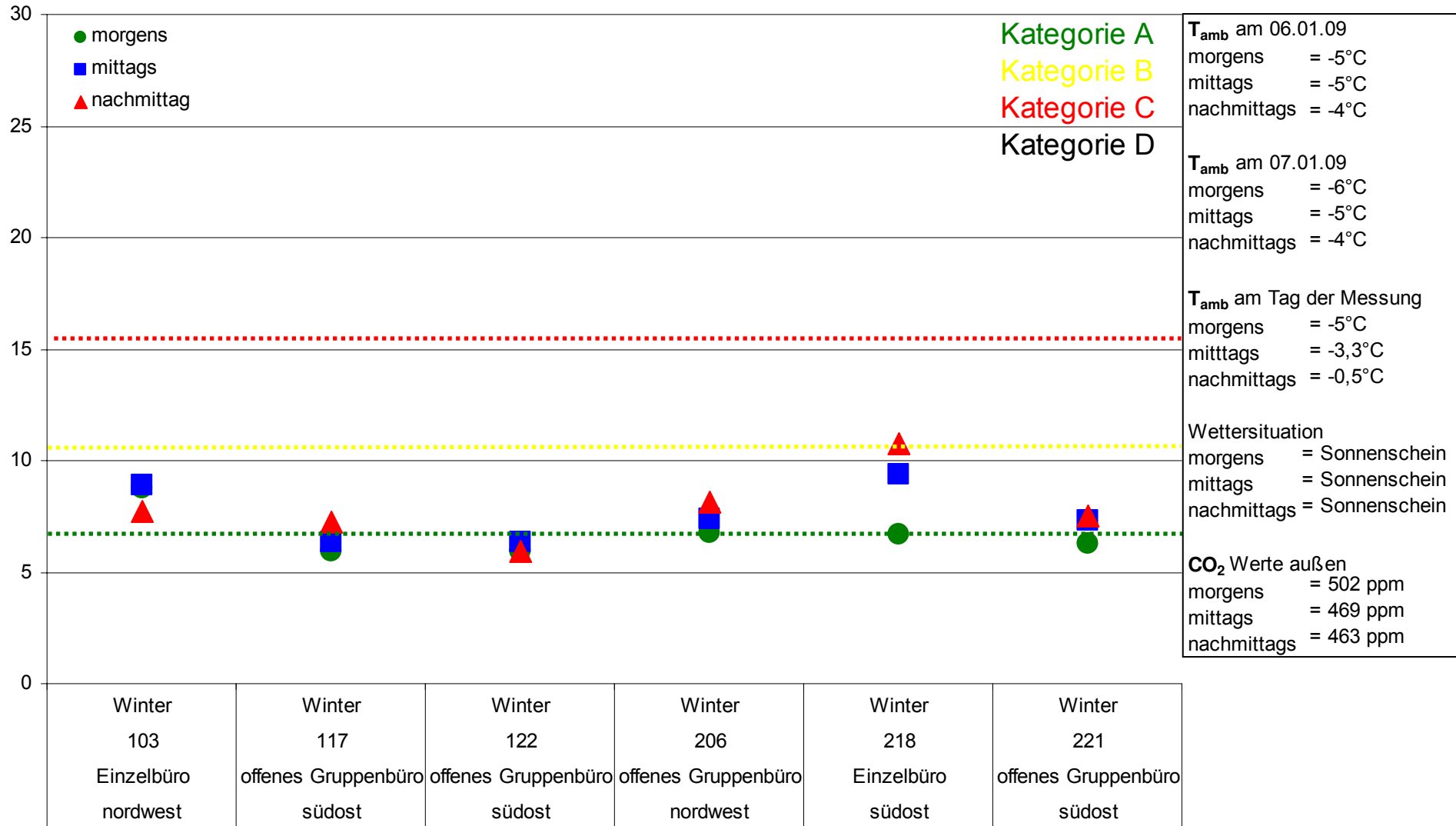
### PPD(%) - Messung im Haupt-Gebäude am 13.01.09



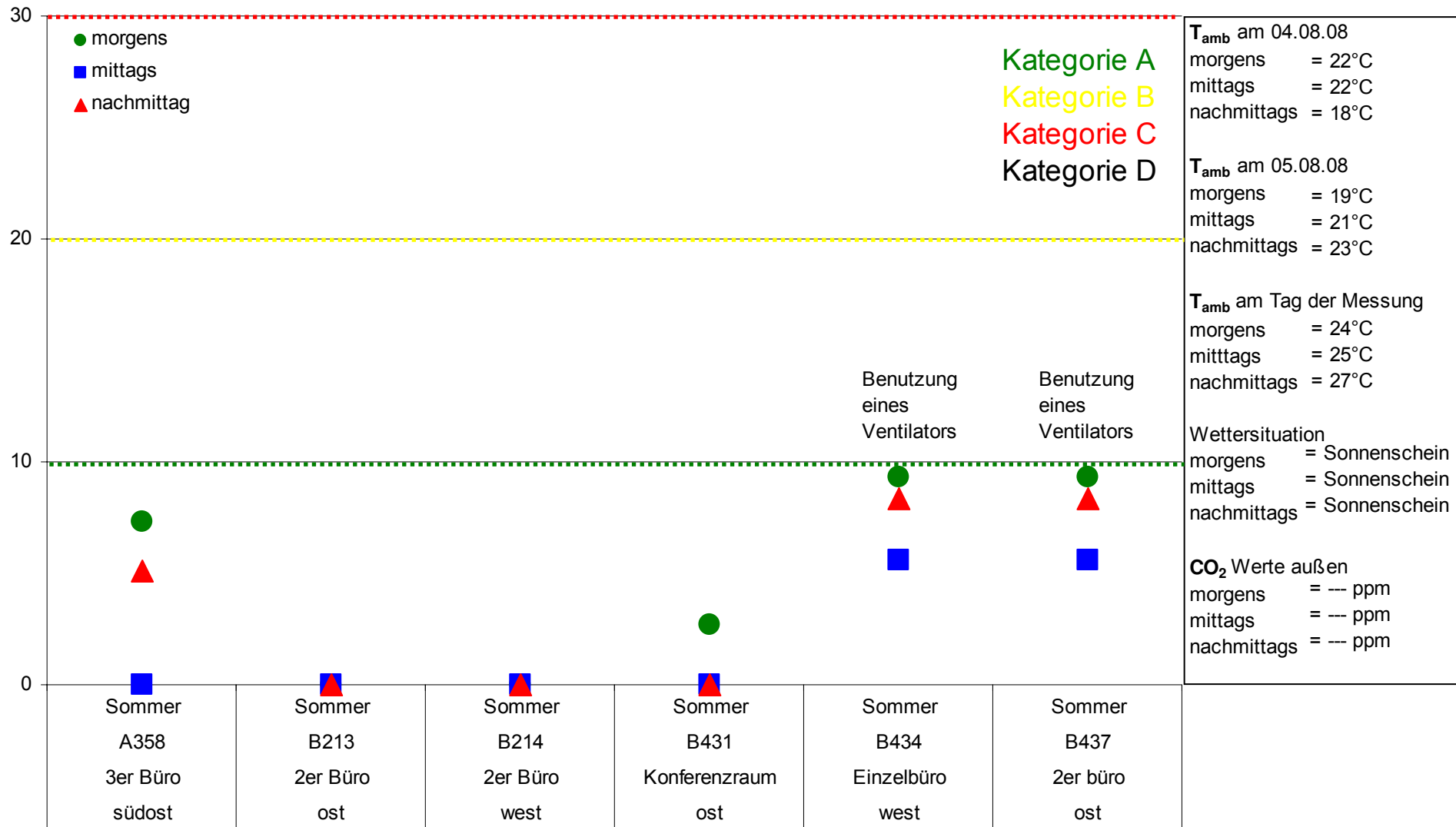
### PPD(%) - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09



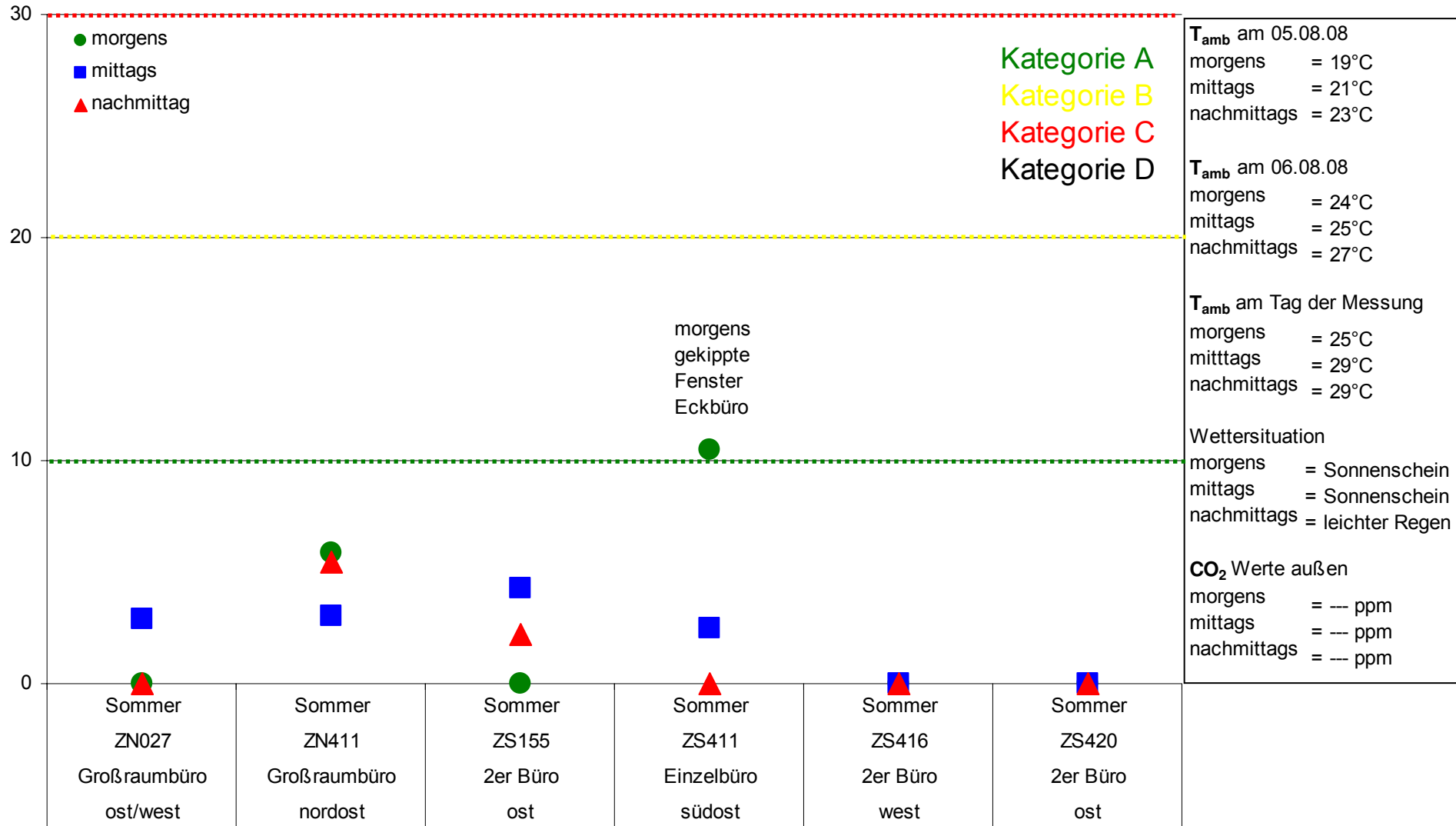
### PPD(%) - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09



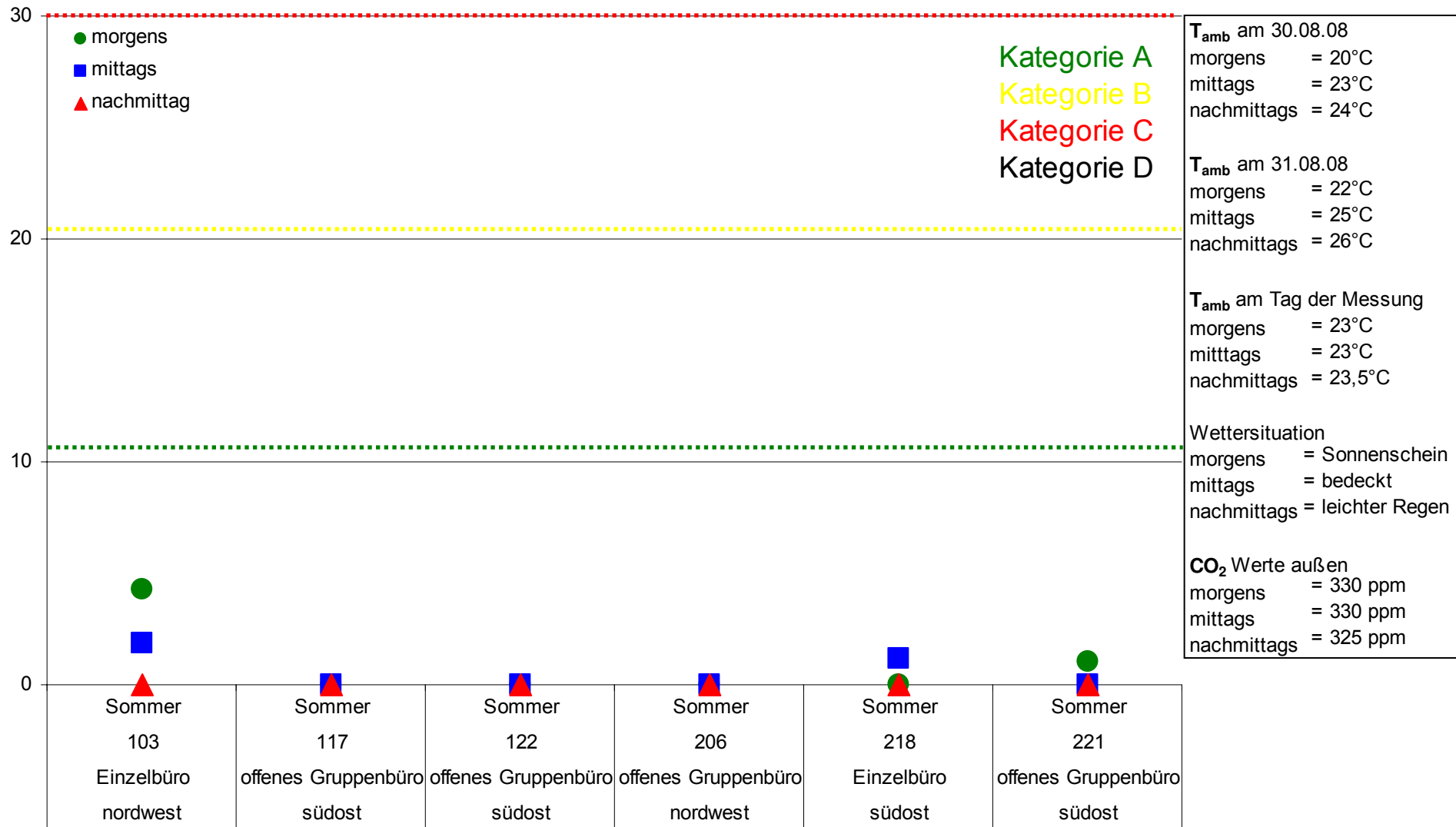
### Draught Rating(%) - Messung im Haupt-Gebäude am 06.08.08



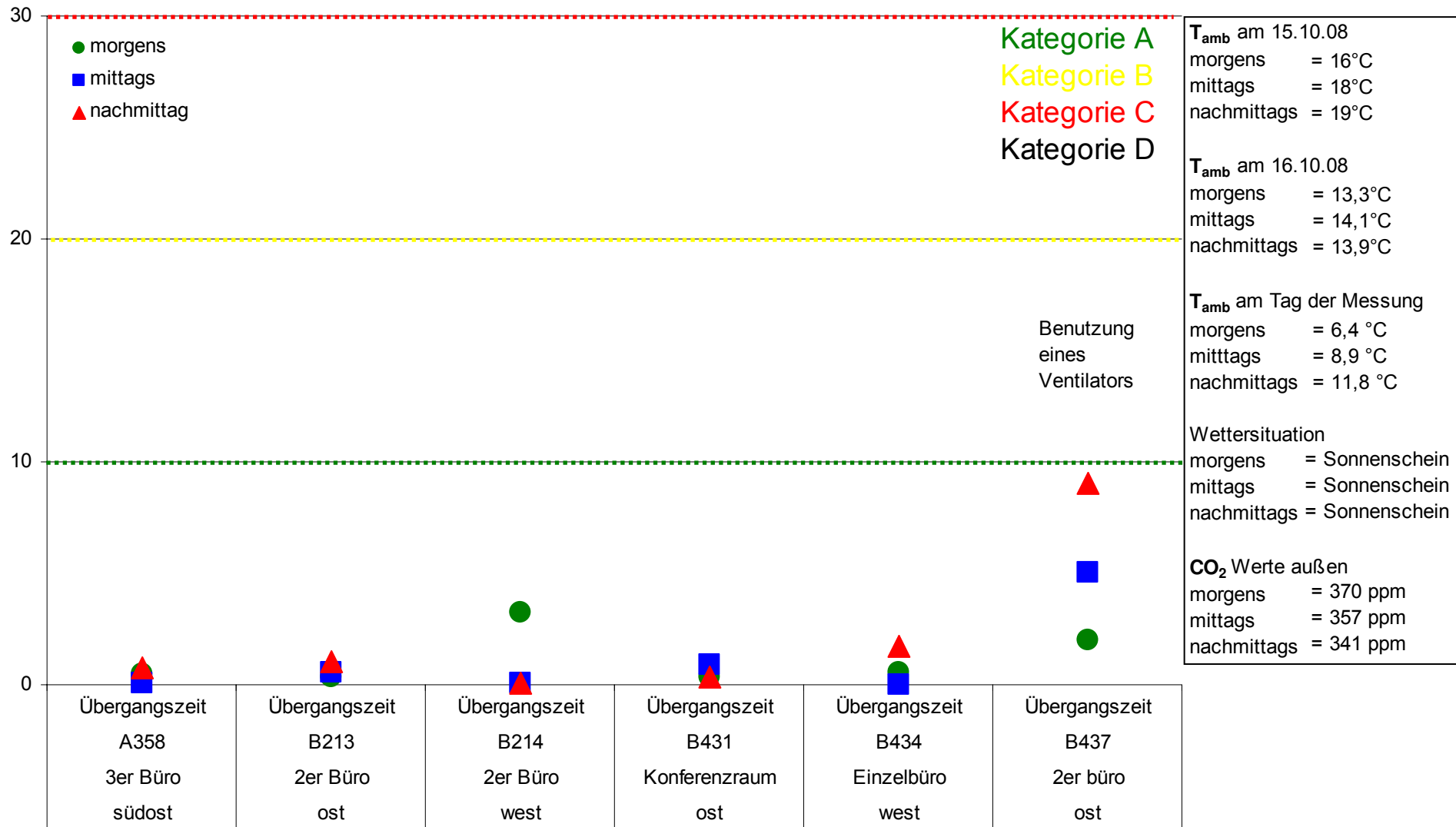
### Draught Rating(%) - Messung im Z2-Gebäude am 07.08.08



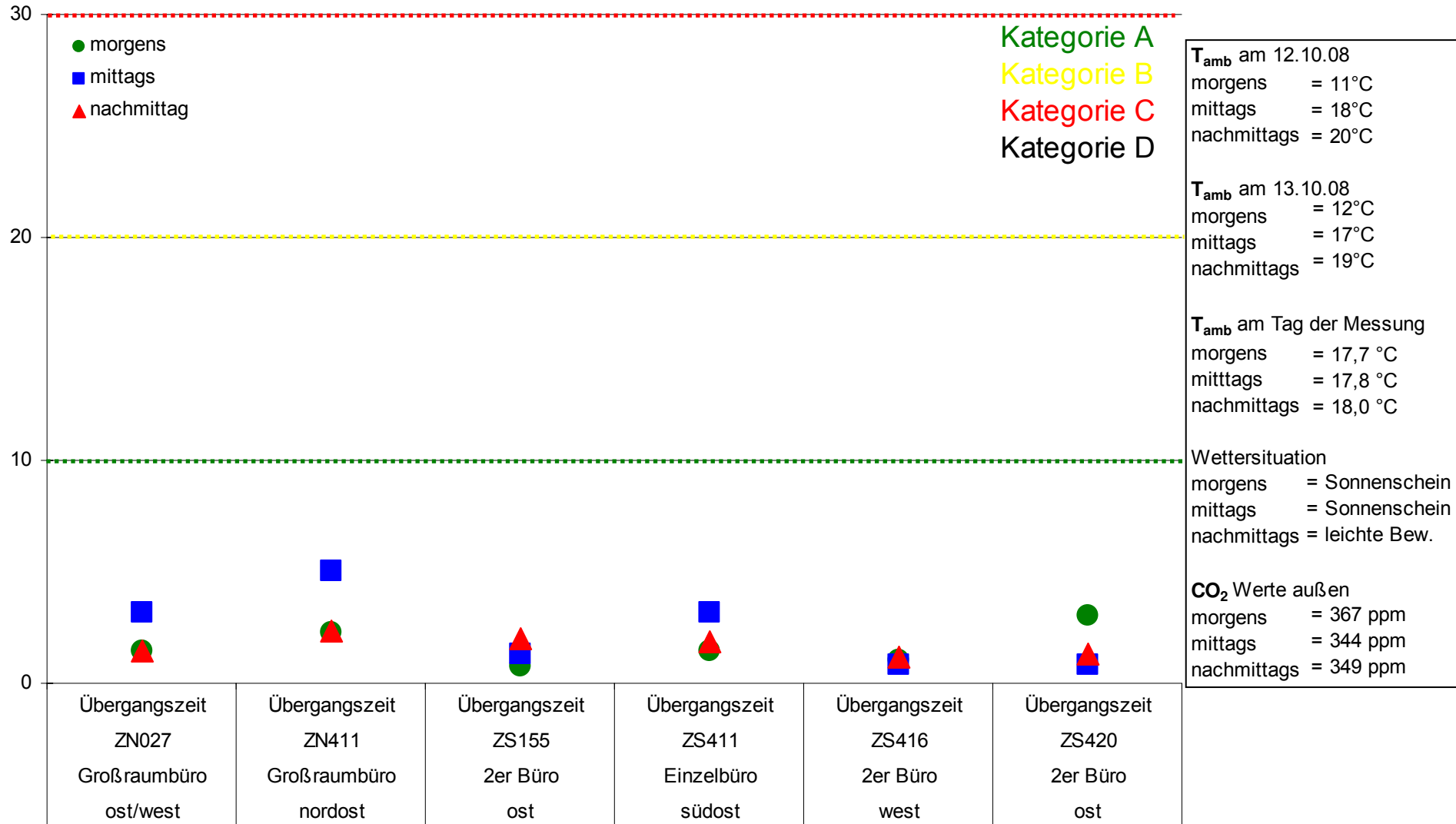
### Draught Rating(%) - Messung im DVA-Gebäude am 01.09.08



### Draught Rating(%) - Messung im Haupt-Gebäude am 17.10.08

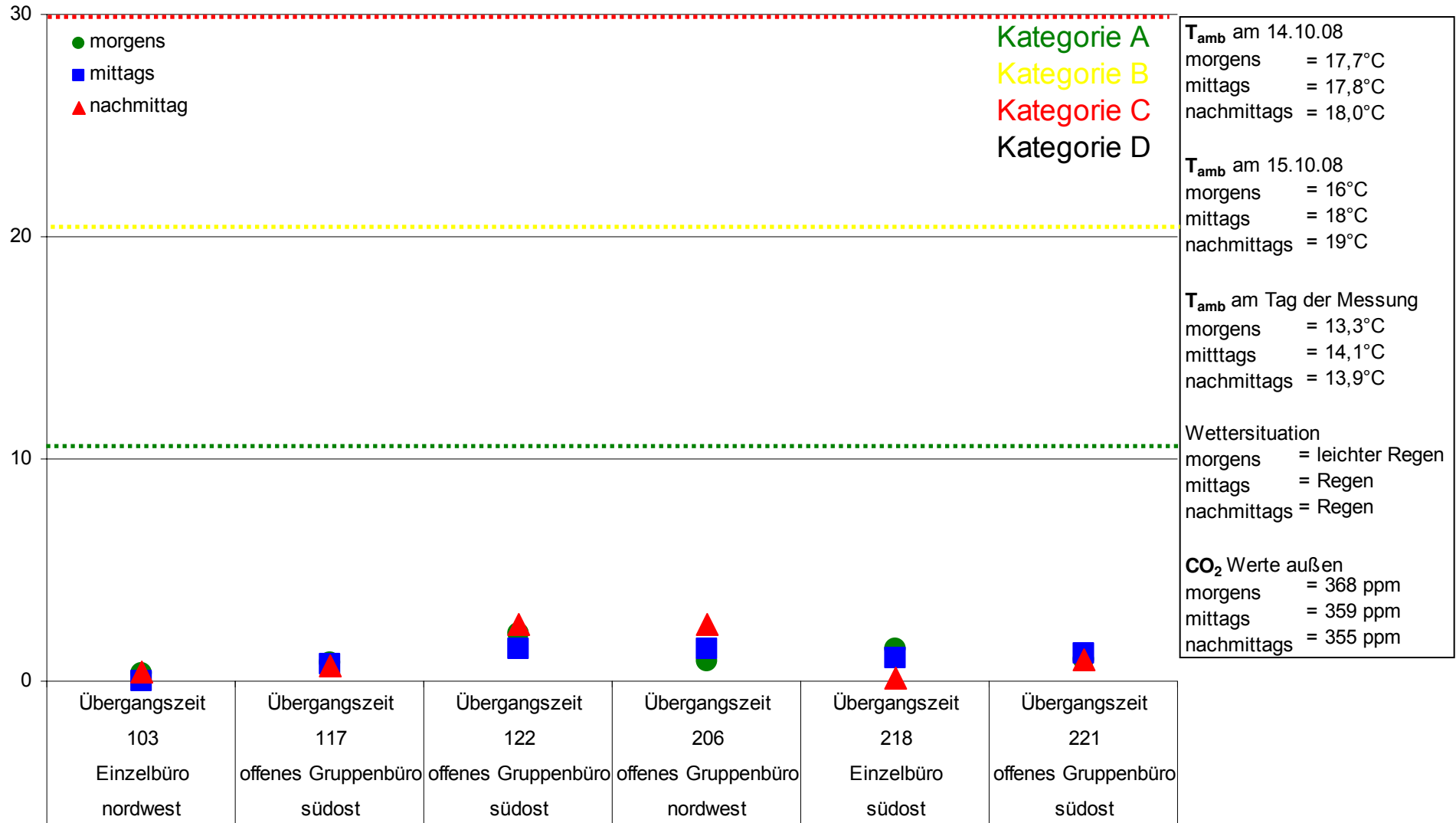


### Draught Rating(%) - Messung im Z2-Gebäude am 14.10.08

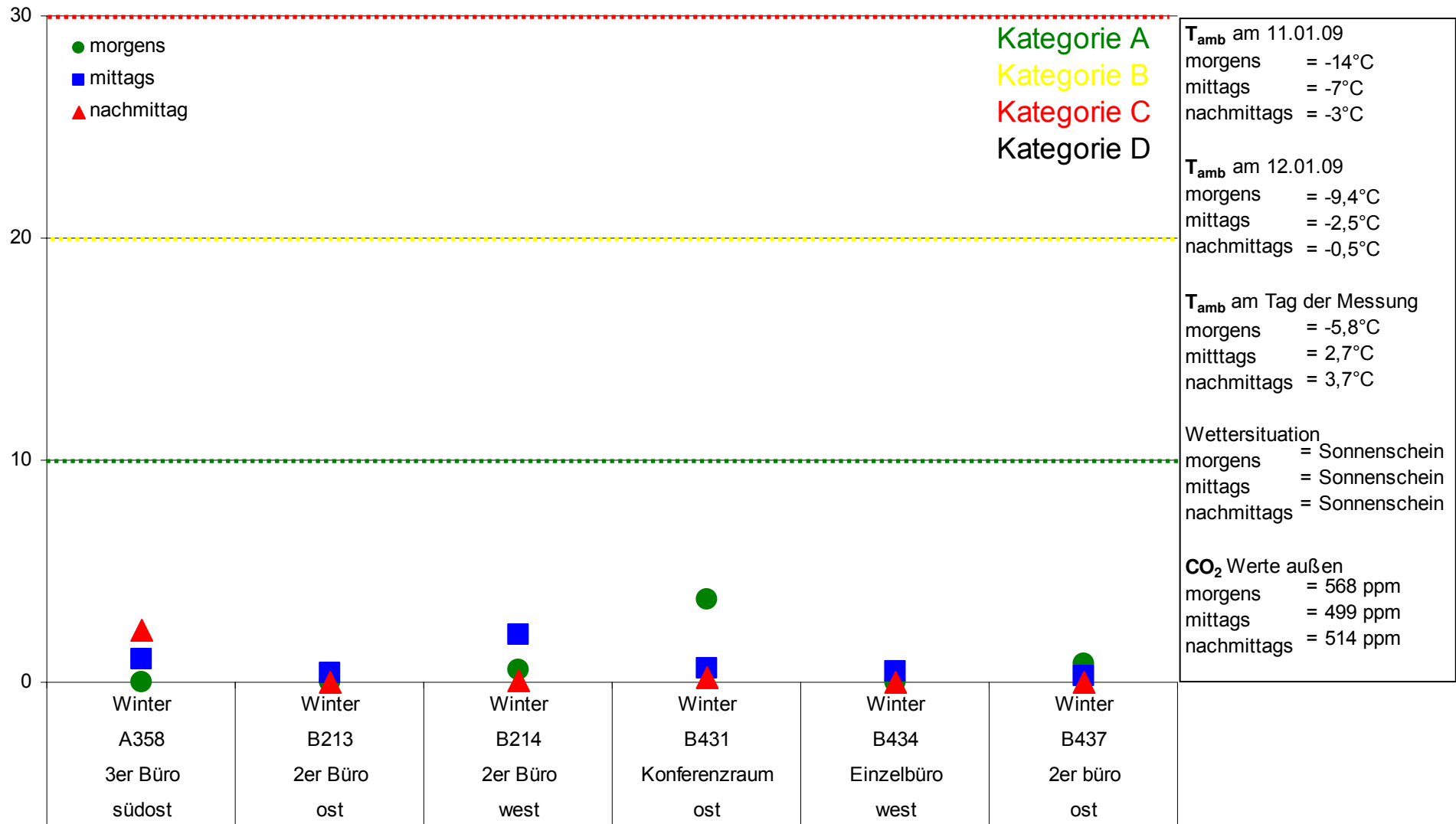




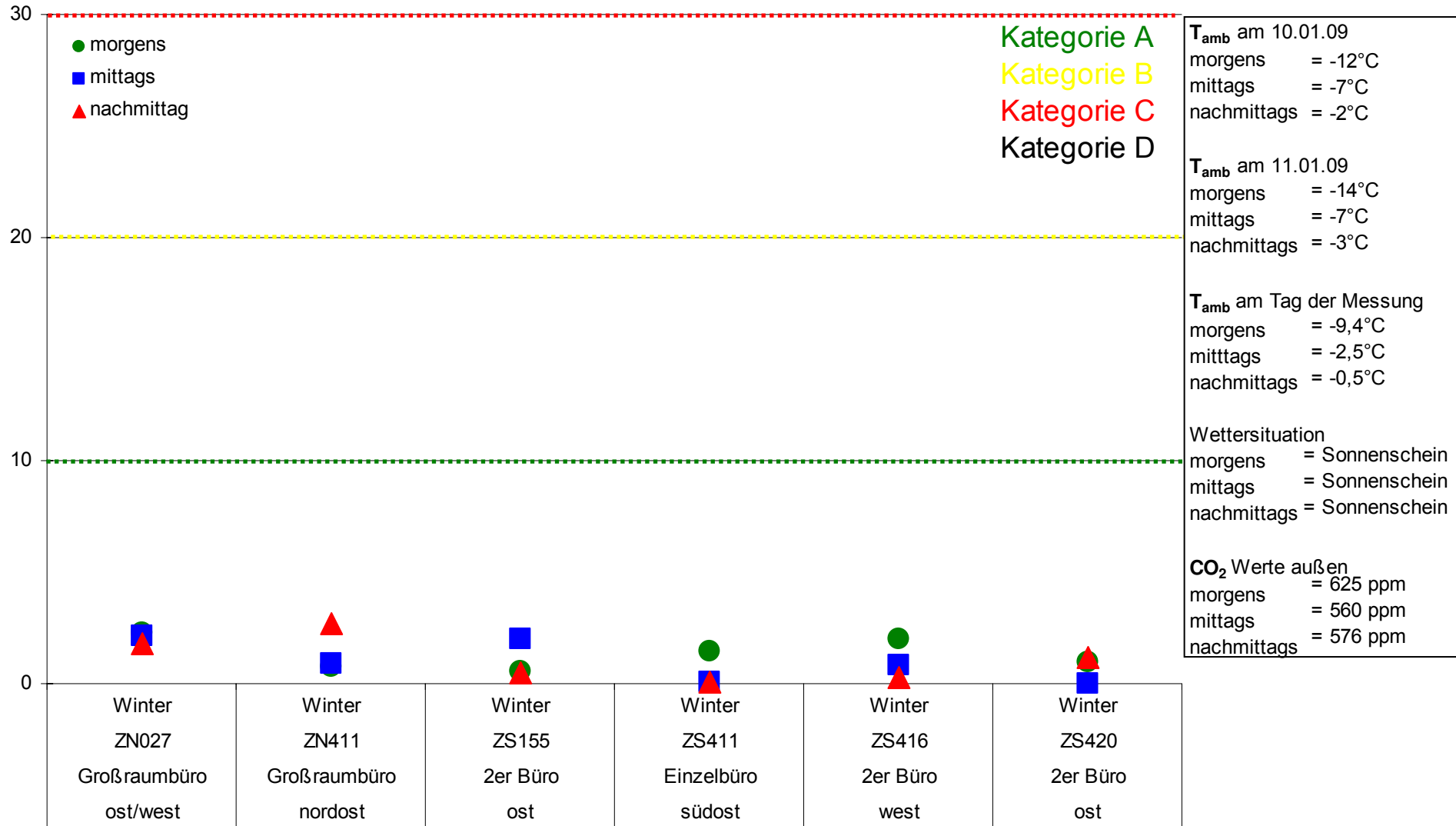
### Draught Rating(%) - Messung im DVA-Gebäude am 16.10.08



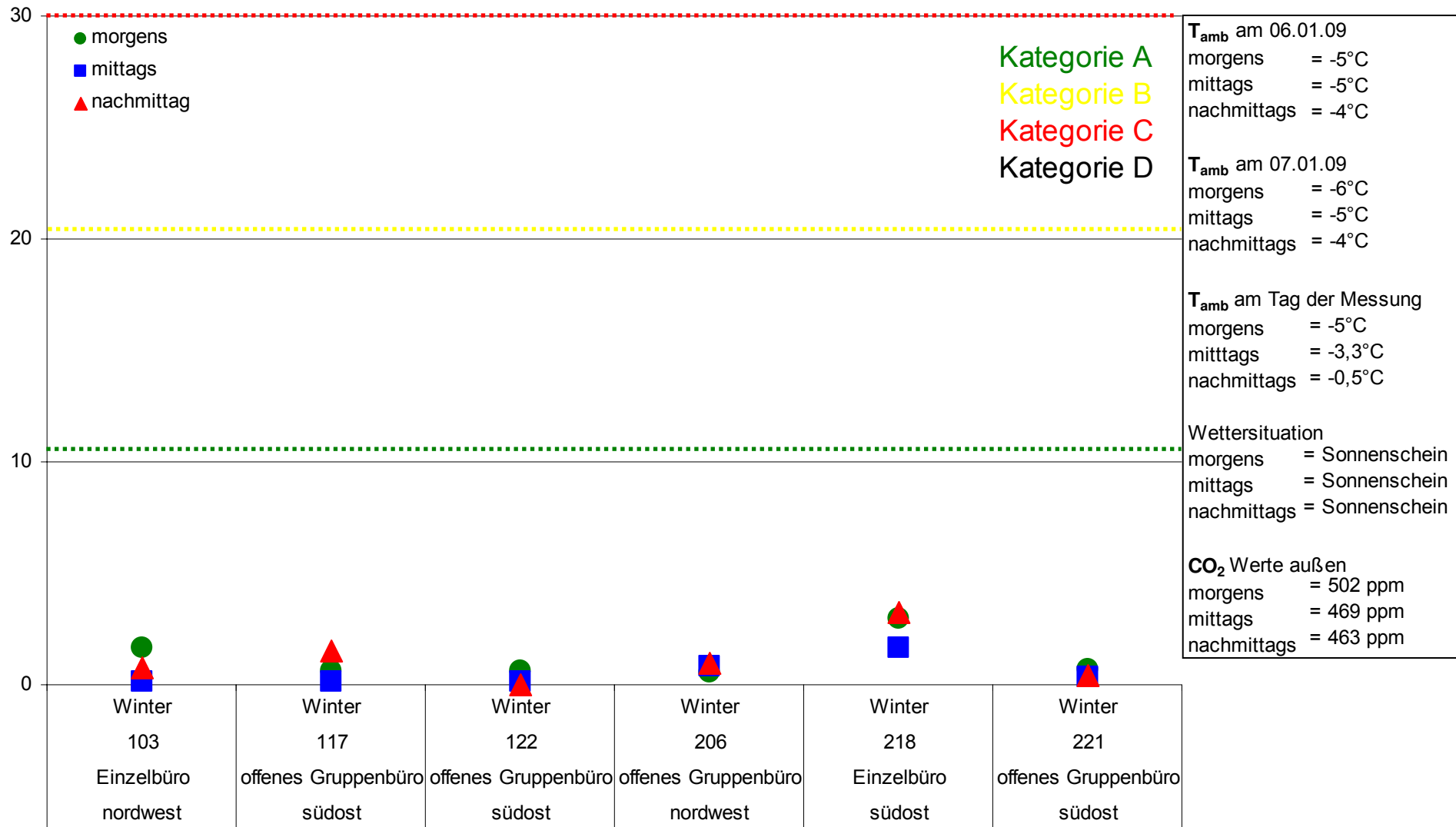
### Draught Rating(%) - Messung im Haupt-Gebäude am 13.01.09



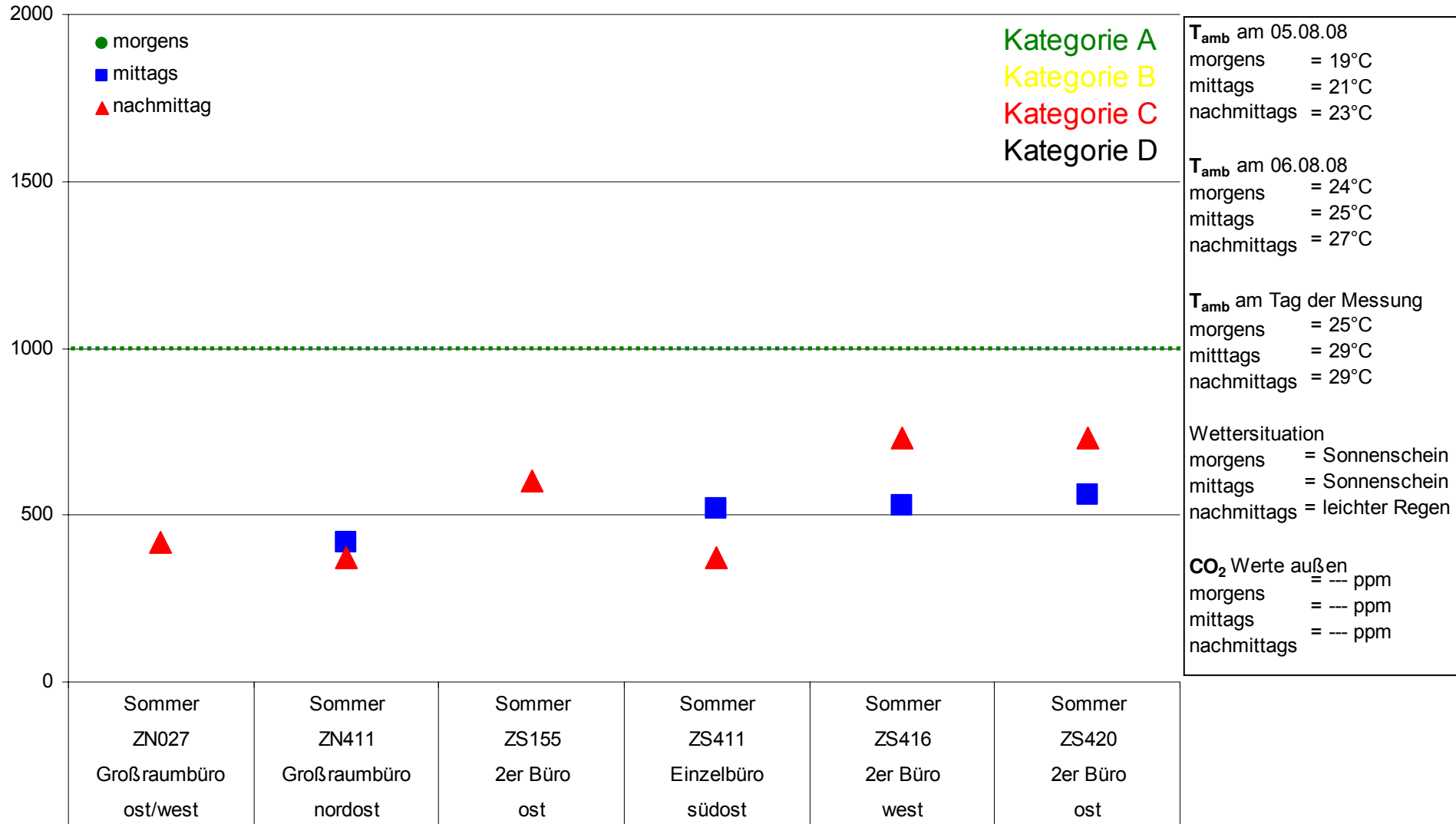
### Draught Rating(%) - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09



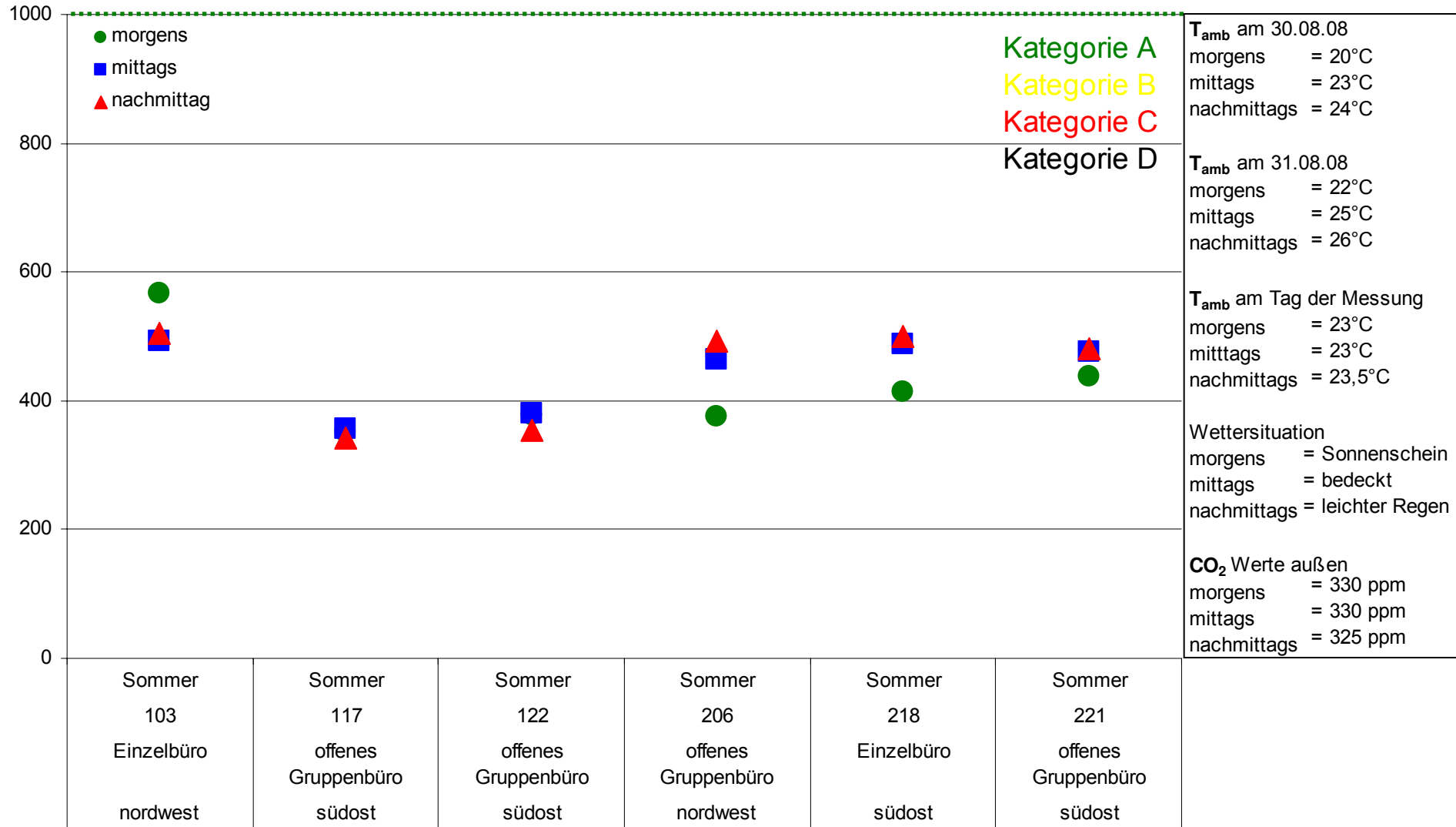
### Draught Rating(%) - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09



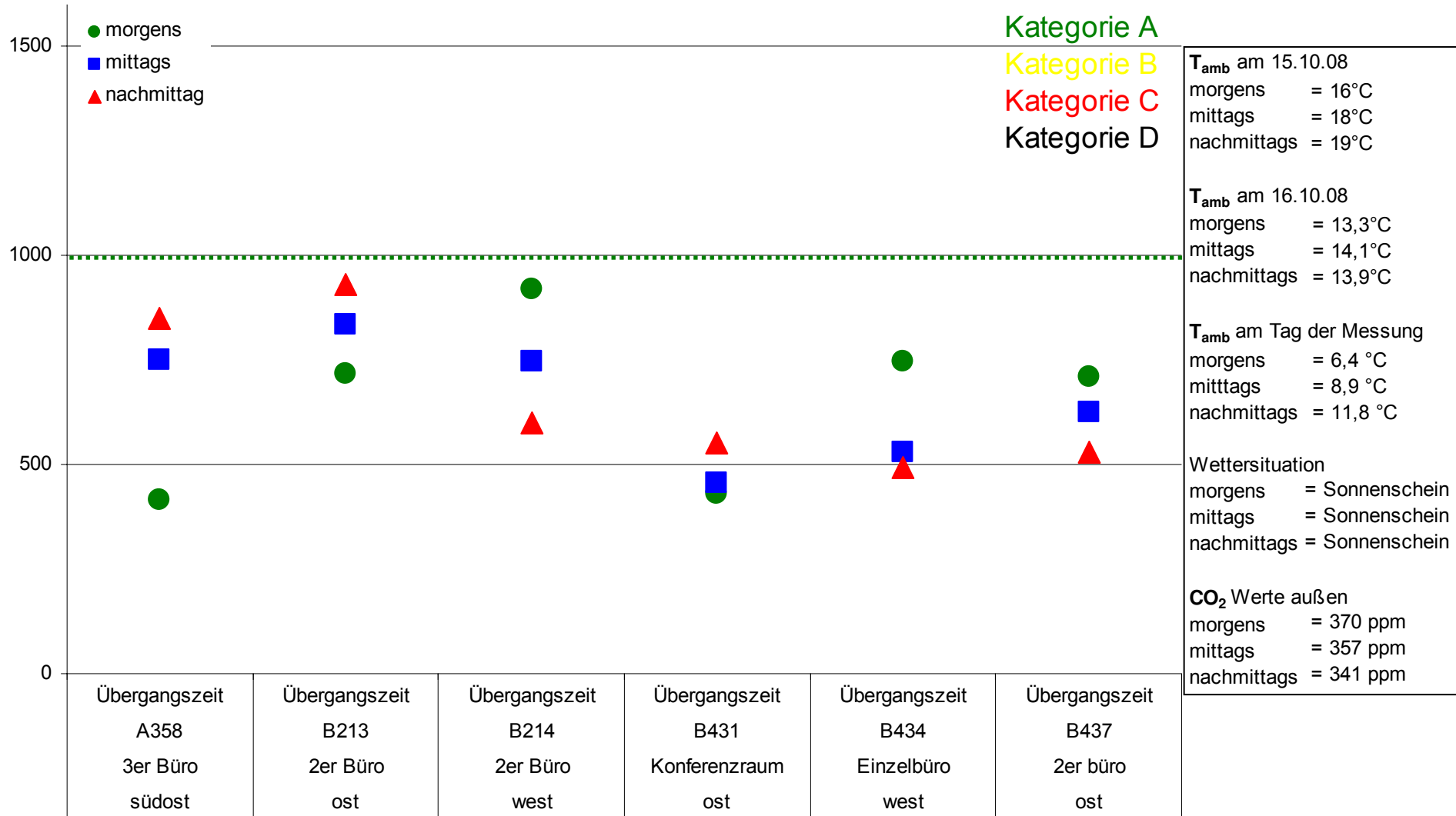
### CO<sub>2</sub>(PPM) - Messung im Z2-Gebäude am 07.08.08



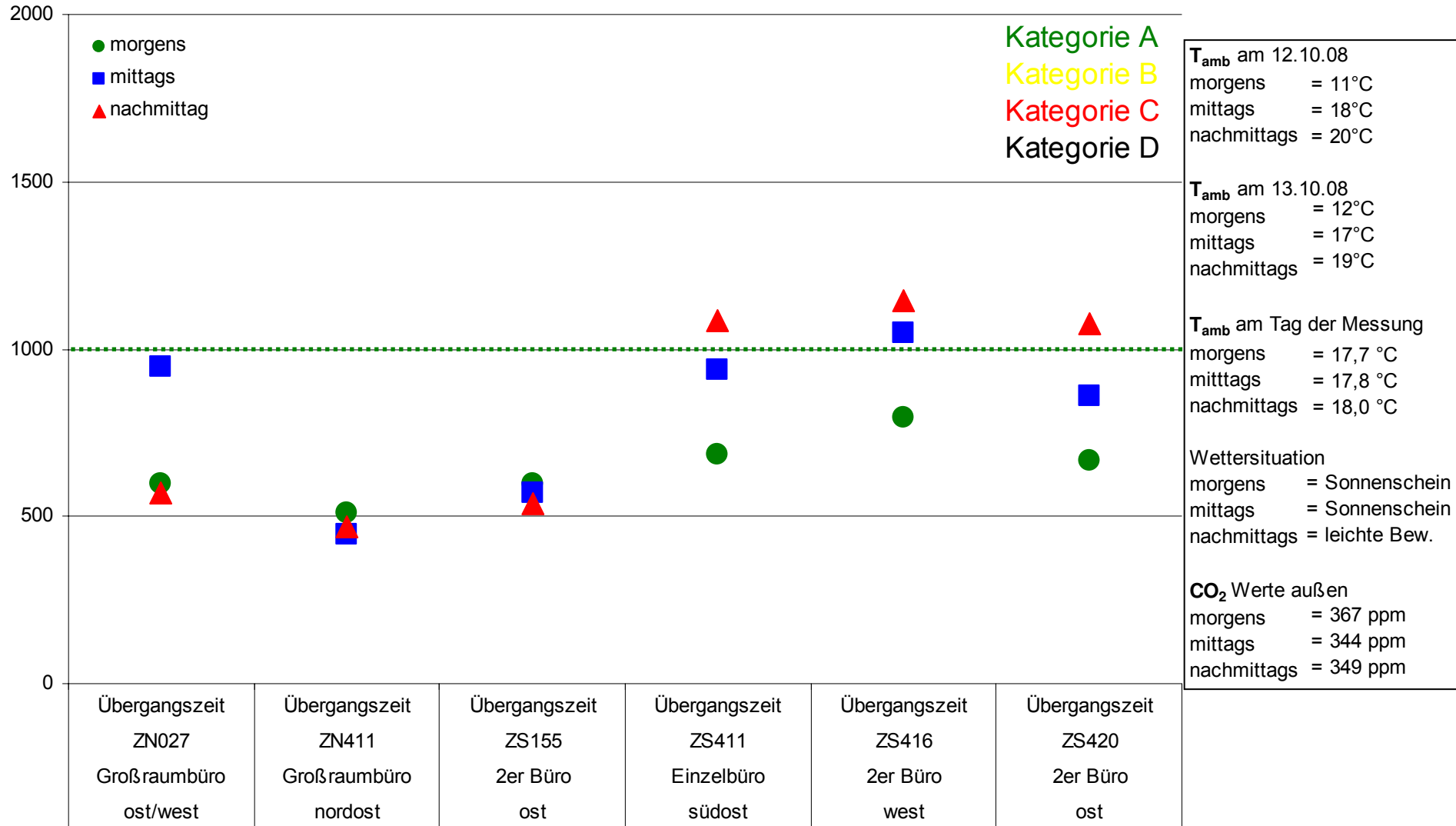
### CO<sub>2</sub>(PPM) - Messung im DVA-Gebäude am 01.09.08



### CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im Haupt-Gebäude am 17.10.08

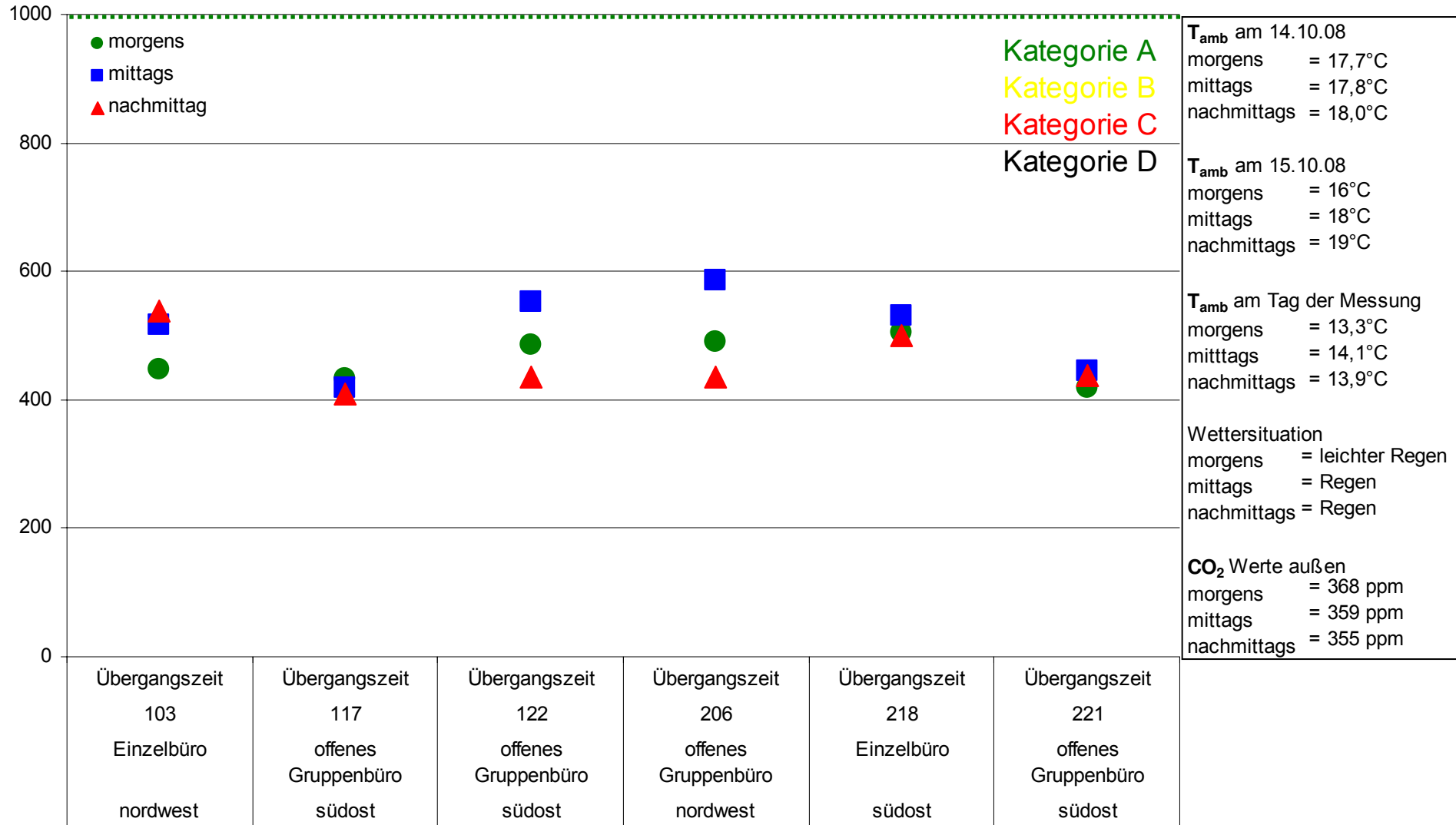


### CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im Z2-Gebäude am 14.10.08

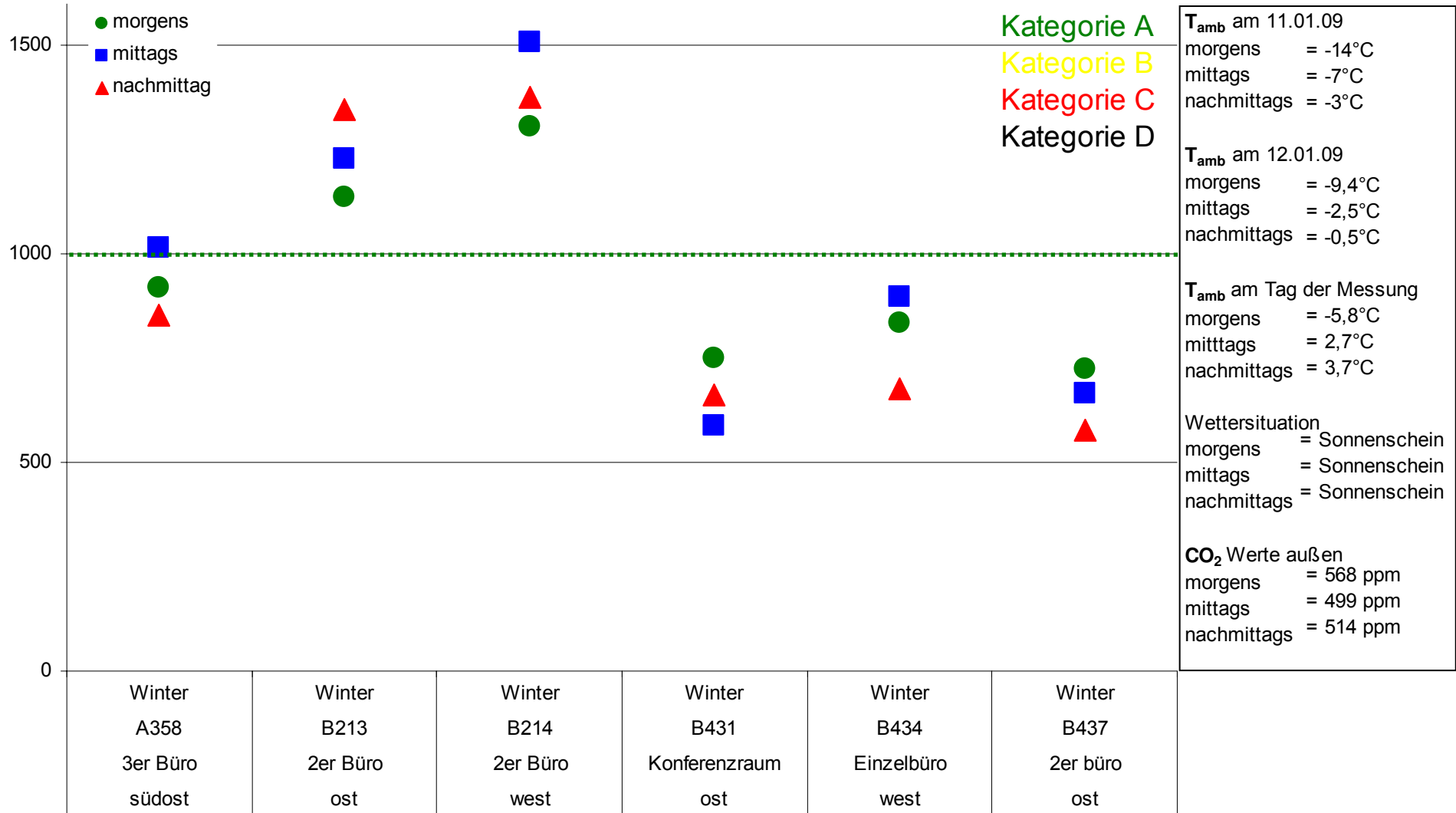




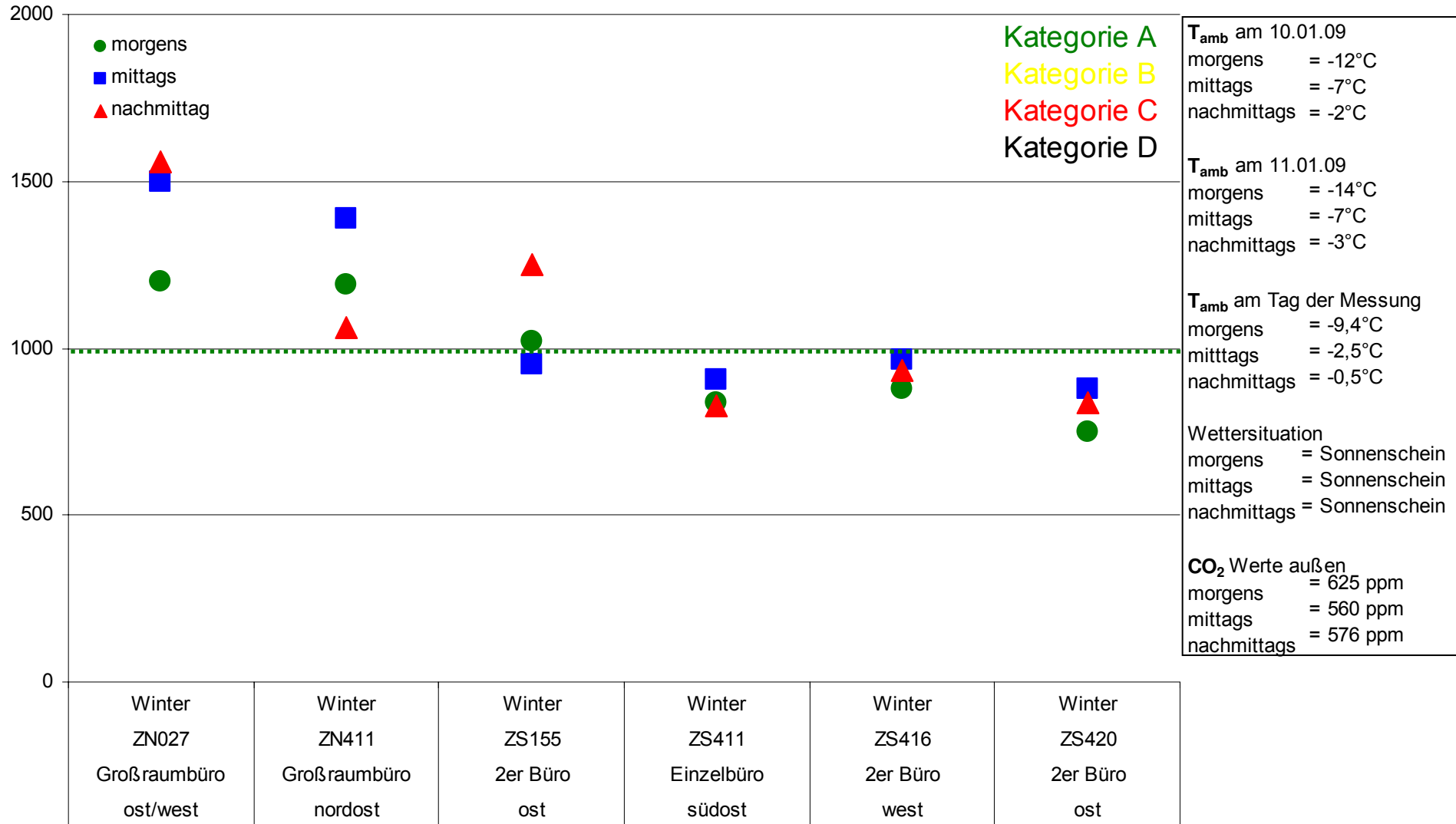
### CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im DVA-Gebäude am 16.10.08



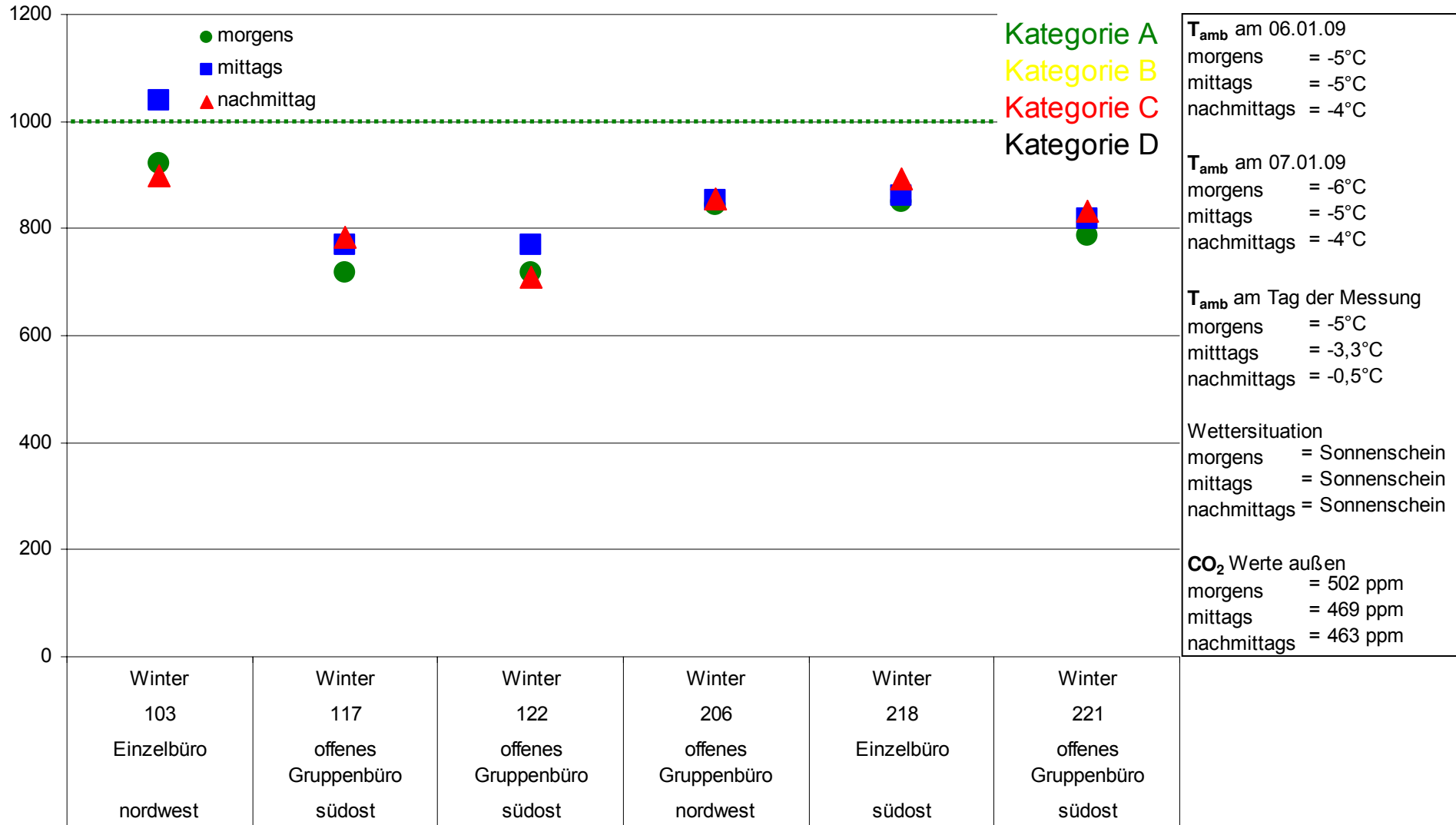
### CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im Haupt-Gebäude am 13.01.09



### CO<sub>2</sub> (PPM) - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09



### CO<sub>2</sub>(PPM) - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09



**T<sub>amb</sub> am 06.01.09**  
 morgens = -5°C  
 mittags = -5°C  
 nachmittags = -4°C

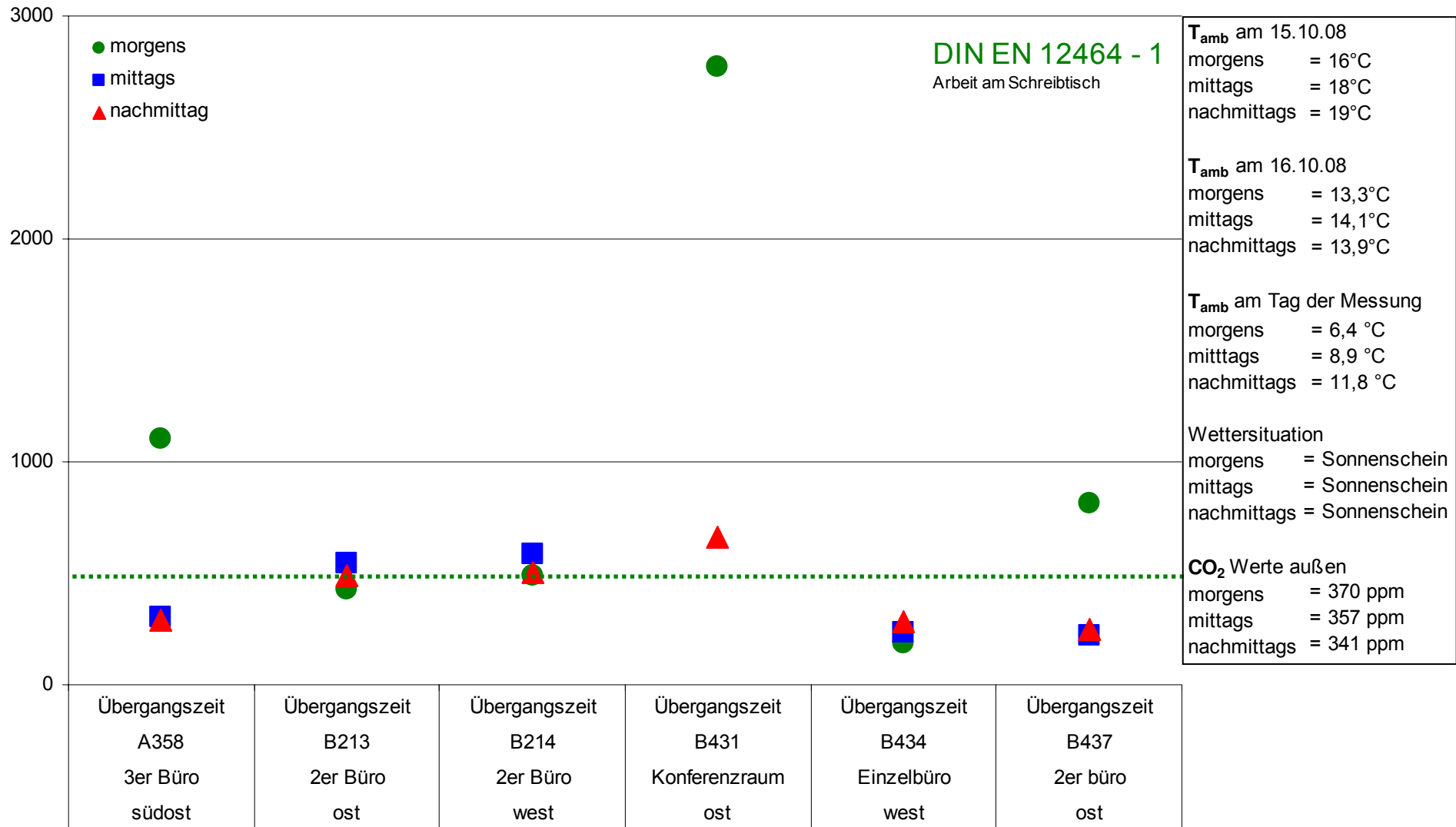
**T<sub>amb</sub> am 07.01.09**  
 morgens = -6°C  
 mittags = -5°C  
 nachmittags = -4°C

**T<sub>amb</sub> am Tag der Messung**  
 morgens = -5°C  
 mittags = -3,3°C  
 nachmittags = -0,5°C

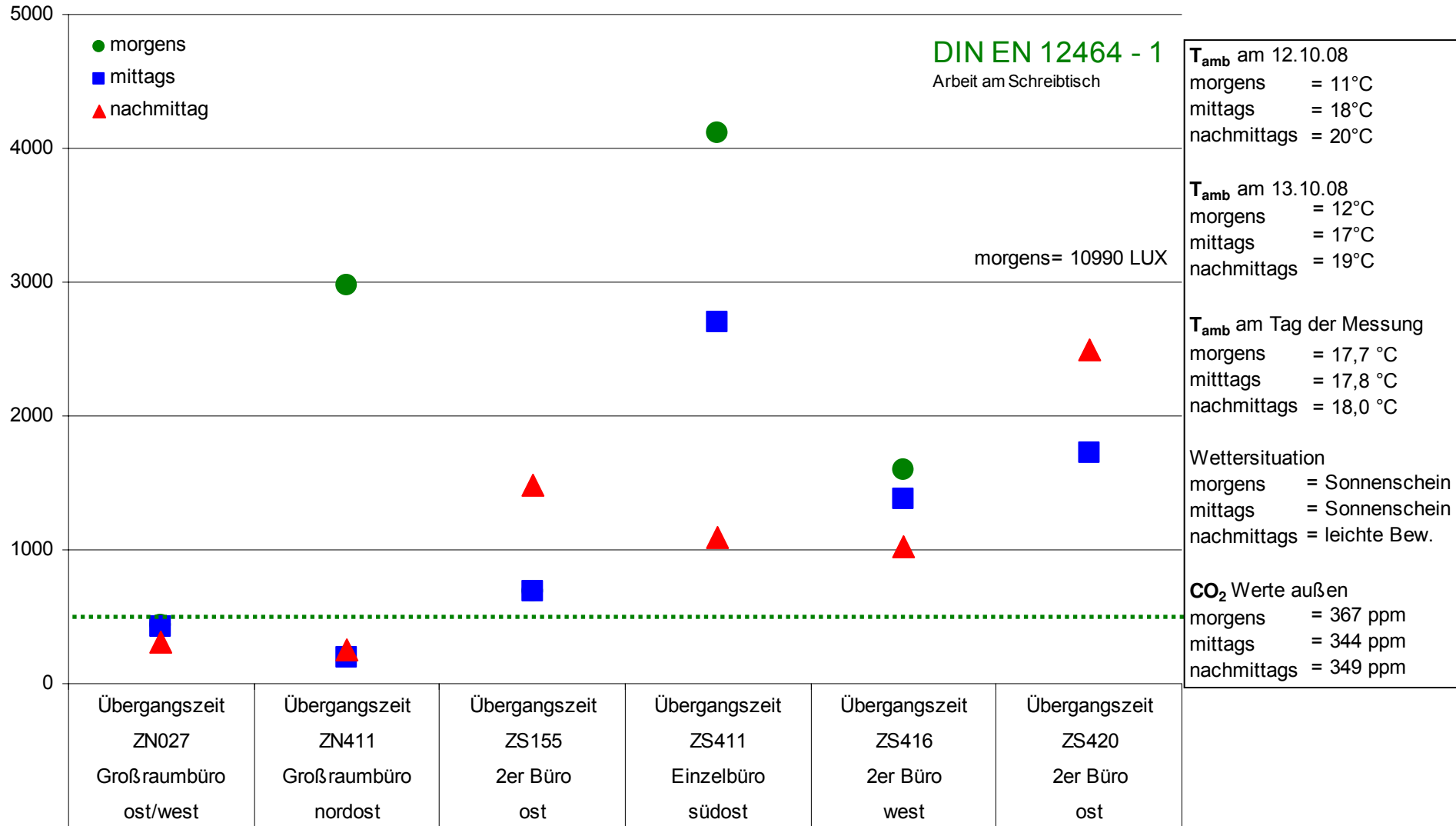
**Wettersituation**  
 morgens = Sonnenschein  
 mittags = Sonnenschein  
 nachmittags = Sonnenschein

**CO<sub>2</sub> Werte außen**  
 morgens = 502 ppm  
 mittags = 469 ppm  
 nachmittags = 463 ppm

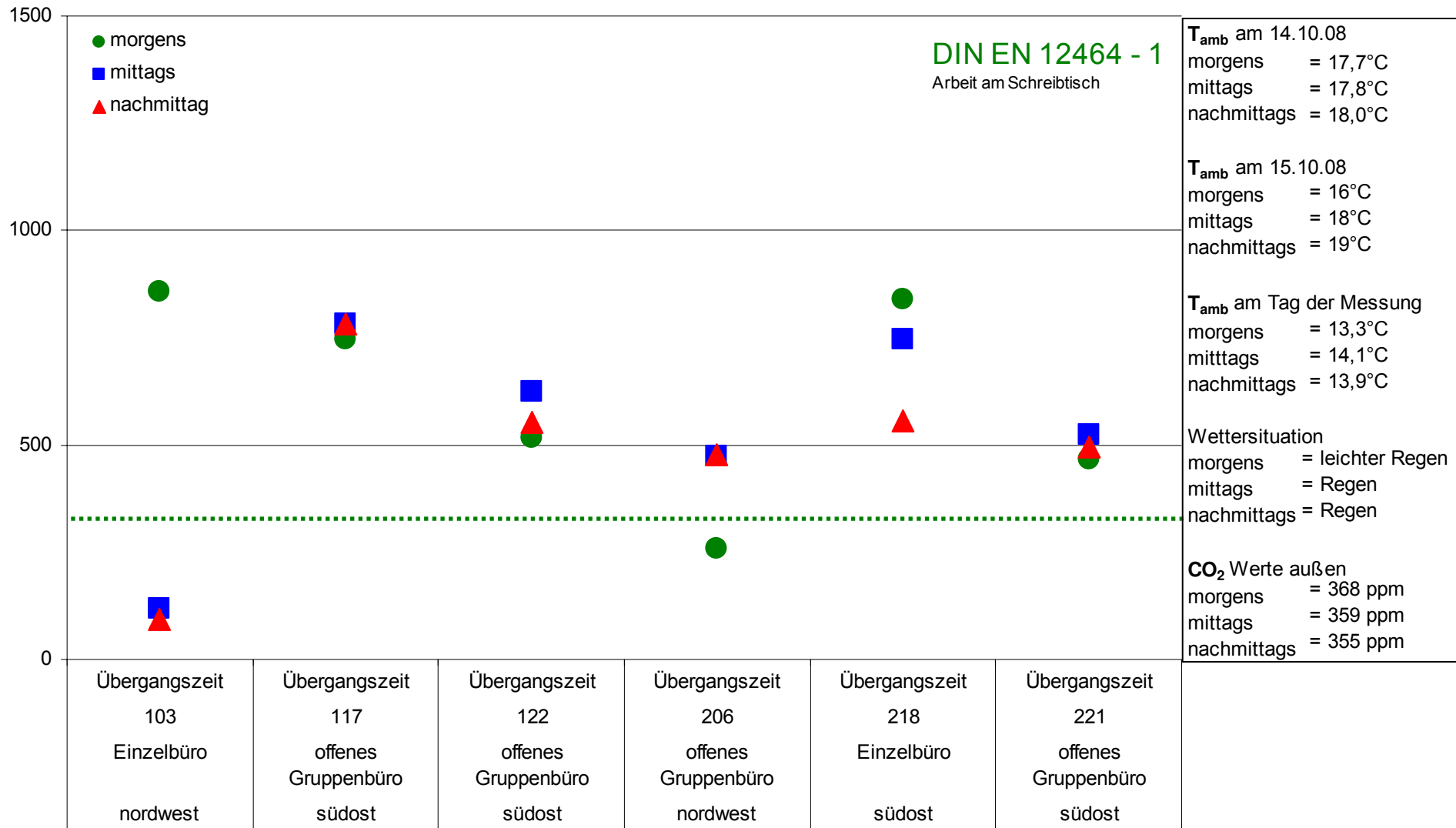
### LUX - Messung im Haupt-Gebäude am 17.10.08



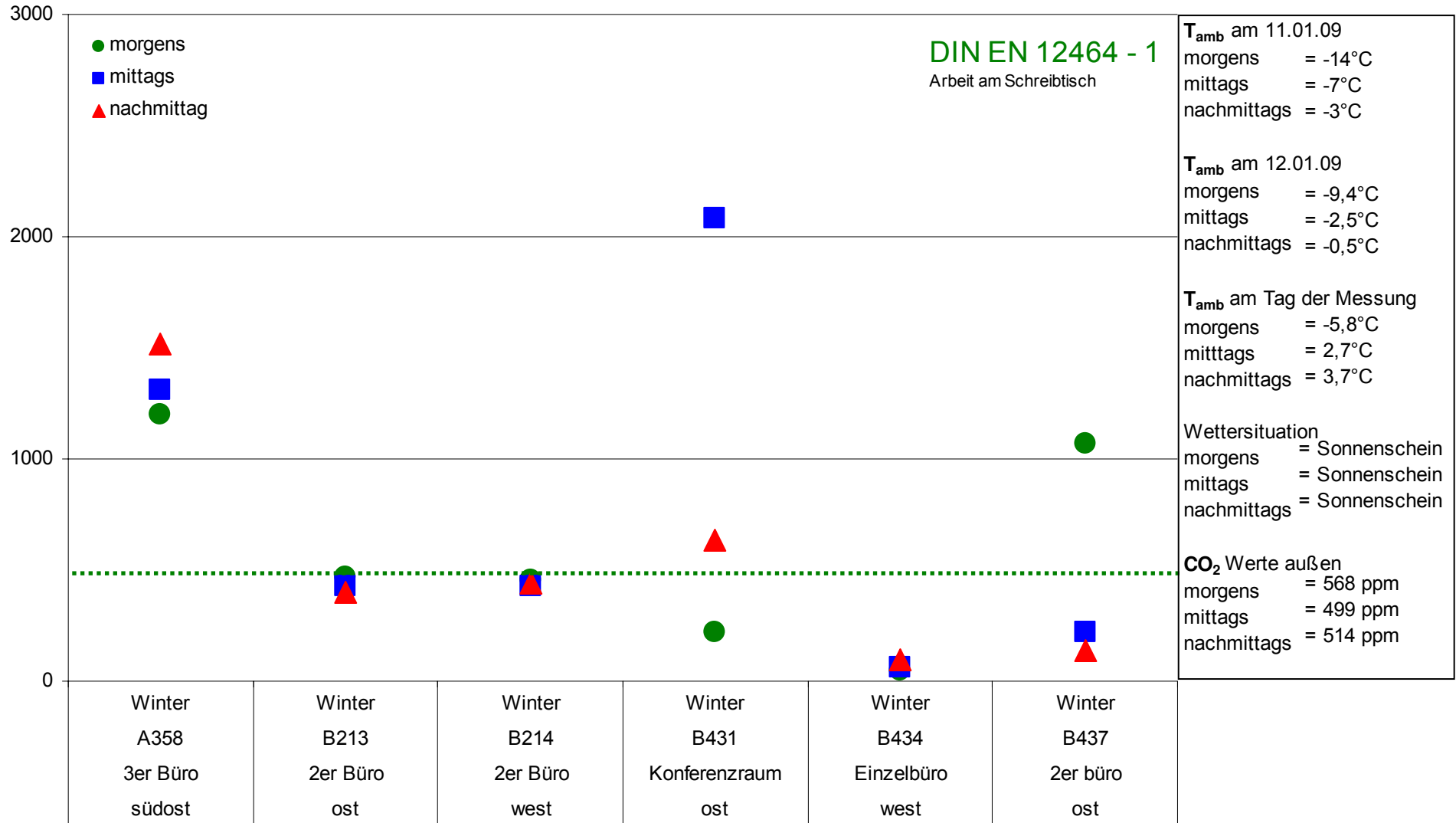
### LUX - Messung im Z2-Gebäude am 14.10.08



### LUX - Messung im DVA-Gebäude am 16.10.08

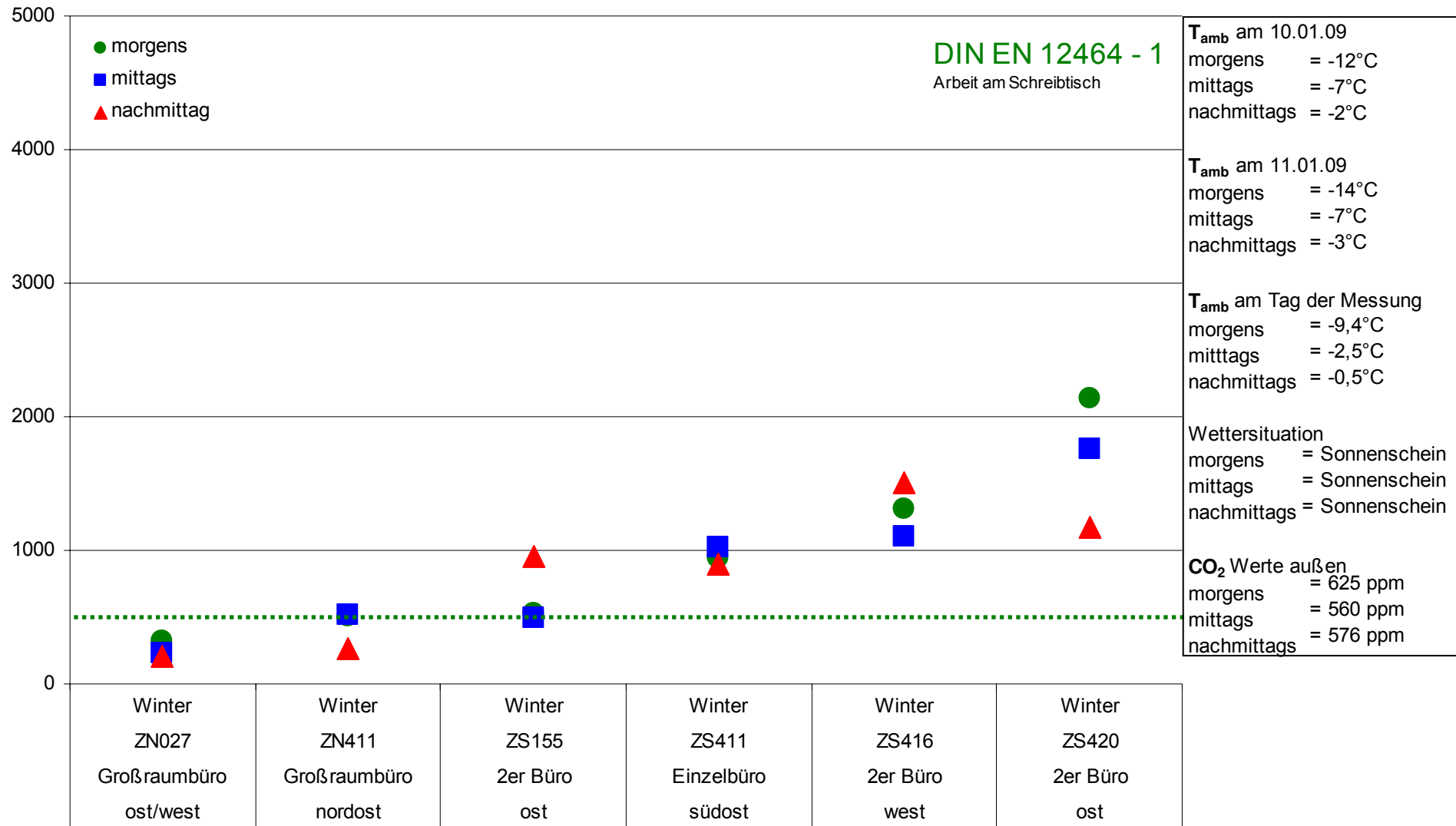


### LUX - Messung im Haupt-Gebäude am 13.01.09

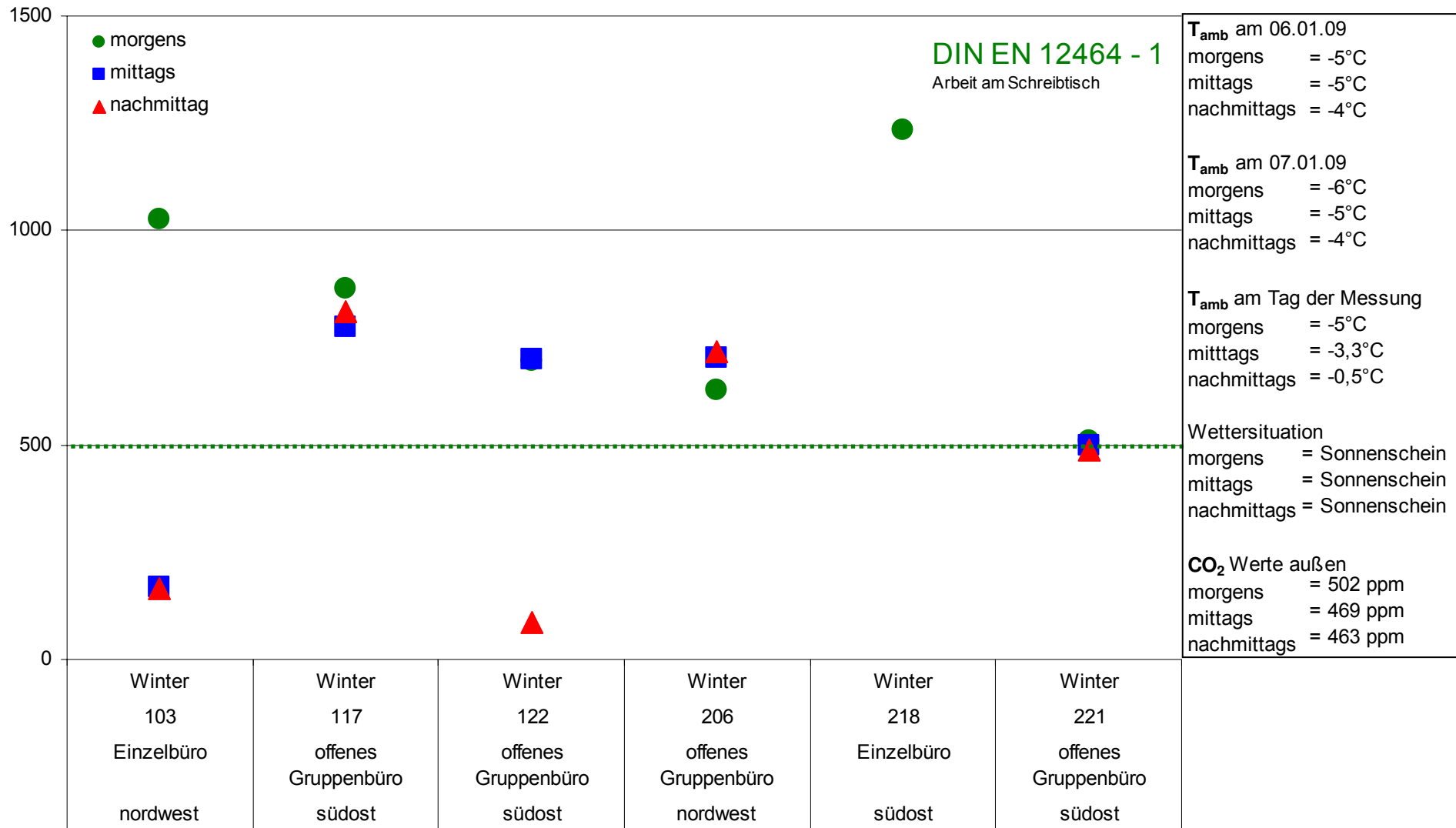




### LUX - Messung im Z2-Gebäude am 12.01.09



### LUX - Messung im DVA-Gebäude am 08.01.09



### Auswertung Nutzerbefragung Sommer (Mittelwert)

|                               | heiß | feucht  | sehr gut      |  |  |  | stört mich nicht |  |  |  |  |  |
|-------------------------------|------|---------|---------------|--|--|--|------------------|--|--|--|--|--|
|                               |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Temperatur</b>             |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Luftfeuchtigkeit</b>       |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Luftqualität</b>           |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Tageslicht</b>             |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Blendschutz</b>            |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Gesamt Zufriedenheit</b>   |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Luftzug</b>                |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Geruchsbe-lästigung</b>    |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Geräusche im Büro</b>      |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Geräusche Nachbarräume</b> |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
| <b>Geräusche von Außen</b>    |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |
|                               | kalt | trocken | sehr schlecht |  |  |  | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |
|                               |      |         |               |  |  |  |                  |  |  |  |  |  |

Haupt-G.  
 Z2  
 DVA

**T<sub>amb</sub> Haupt-Gebäude**  
 morgens = 24°C  
 mittags = 25°C  
 nachmittags = 27°C

**T<sub>amb</sub> Z2-Gebäude**  
 morgens = 25°C  
 mittags = 29°C  
 nachmittags = 29°C

**T<sub>amb</sub> DVA-Gebäude**  
 morgens = 23°C  
 mittags = 23°C  
 nachmittags = 23,5°C



### Auswertung Nutzerbefragung Winter (Mittelwert)

◆ Haupt-G.  
■ Z2  
▲ DVA

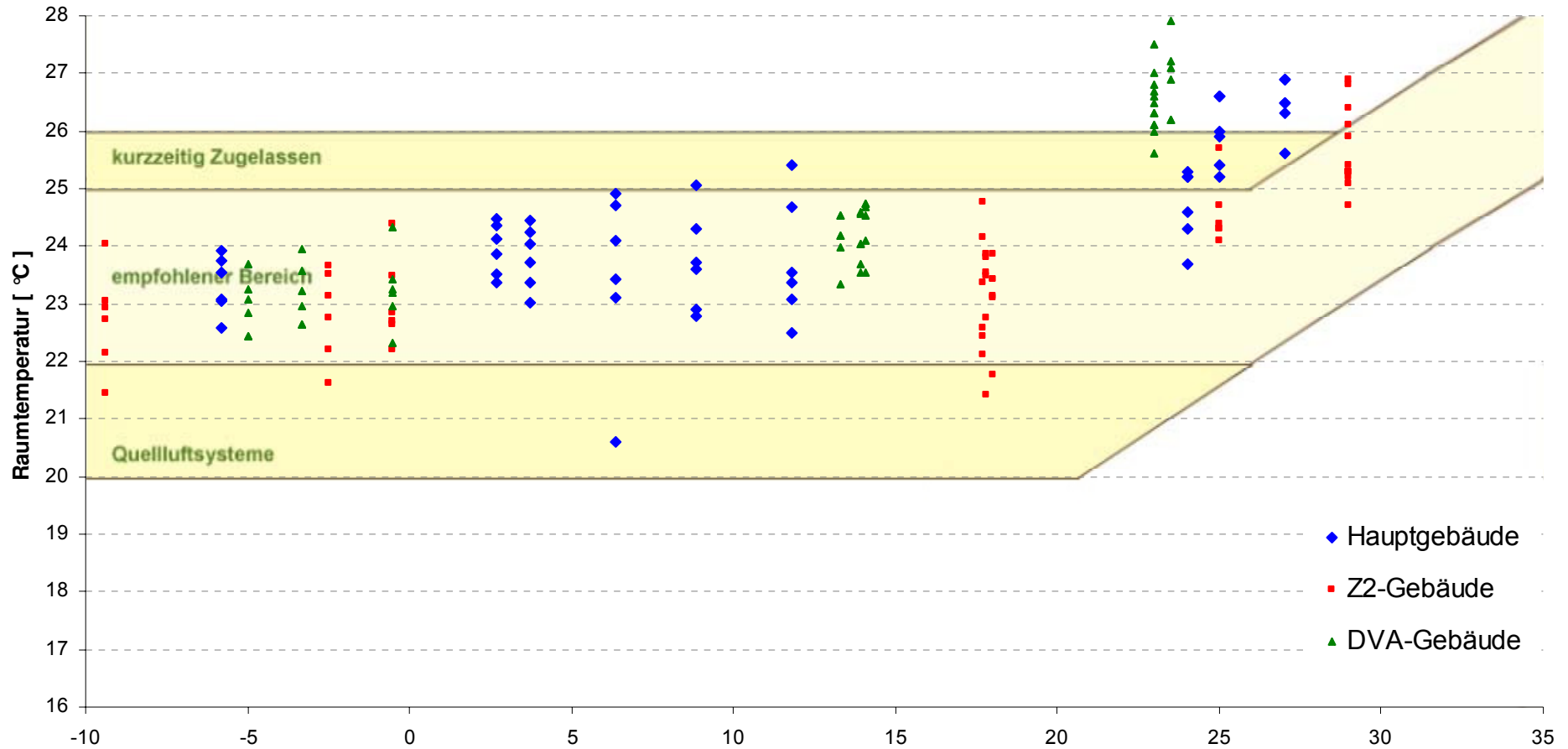
**T<sub>amb</sub> Haupt-Gebäude**  
 morgens = -5,8°C  
 mittags = 2,7°C  
 nachmittags = 3,7°C

**T<sub>amb</sub> Z2-Gebäude**  
 morgens = -9,4°C  
 mittags = -2,5°C  
 nachmittags = -0,5°C

**T<sub>amb</sub> DVA-Gebäude**  
 morgens = -5°C  
 mittags = -3,3°C  
 nachmittags = -0,5°C

|                                 | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------------|------|---------|---------------|---------------|--|--|--|--|-------|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Temperatur                      | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftfeuchtigkeit                | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| klimatische Bedingungen         | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftqualität                    | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tageslicht                      | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kunstlicht                      | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Blendschutz                     | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Regulation                      | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Raumklima                       | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Gesamt                          | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Zufriedenheit                   | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dauer Fensterlüftung            | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftzug                         | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Möbel                    | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Geräte                   | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Gebäudeinneren           | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch von außen                | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Gerausche im Büro               | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche Flur (Tür zu)         | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche Flur (Tür offen)      | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche außen (Fenster zu)    | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche außen (Fenster offen) | heiß | feucht  | sehr förderl. | sehr gut      |  |  |  |  | >5h   | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                 | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Temperatur                      | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftfeuchtigkeit                | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| klimatische Bedingungen         | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftqualität                    | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Tageslicht                      | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Kunstlicht                      | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Blendschutz                     | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Regulation                      | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Raumklima                       | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Gesamt                          | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Zufriedenheit                   | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Dauer Fensterlüftung            | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Luftzug                         | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Möbel                    | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Geräte                   | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch Gebäudeinneren           | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geruch von außen                | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Gerausche im Büro               | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche Flur (Tür zu)         | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche Flur (Tür offen)      | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche außen (Fenster zu)    | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Geräusche außen (Fenster offen) | kalt | trocker | sehr hinderl. | sehr schlecht |  |  |  |  | <0,5h | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

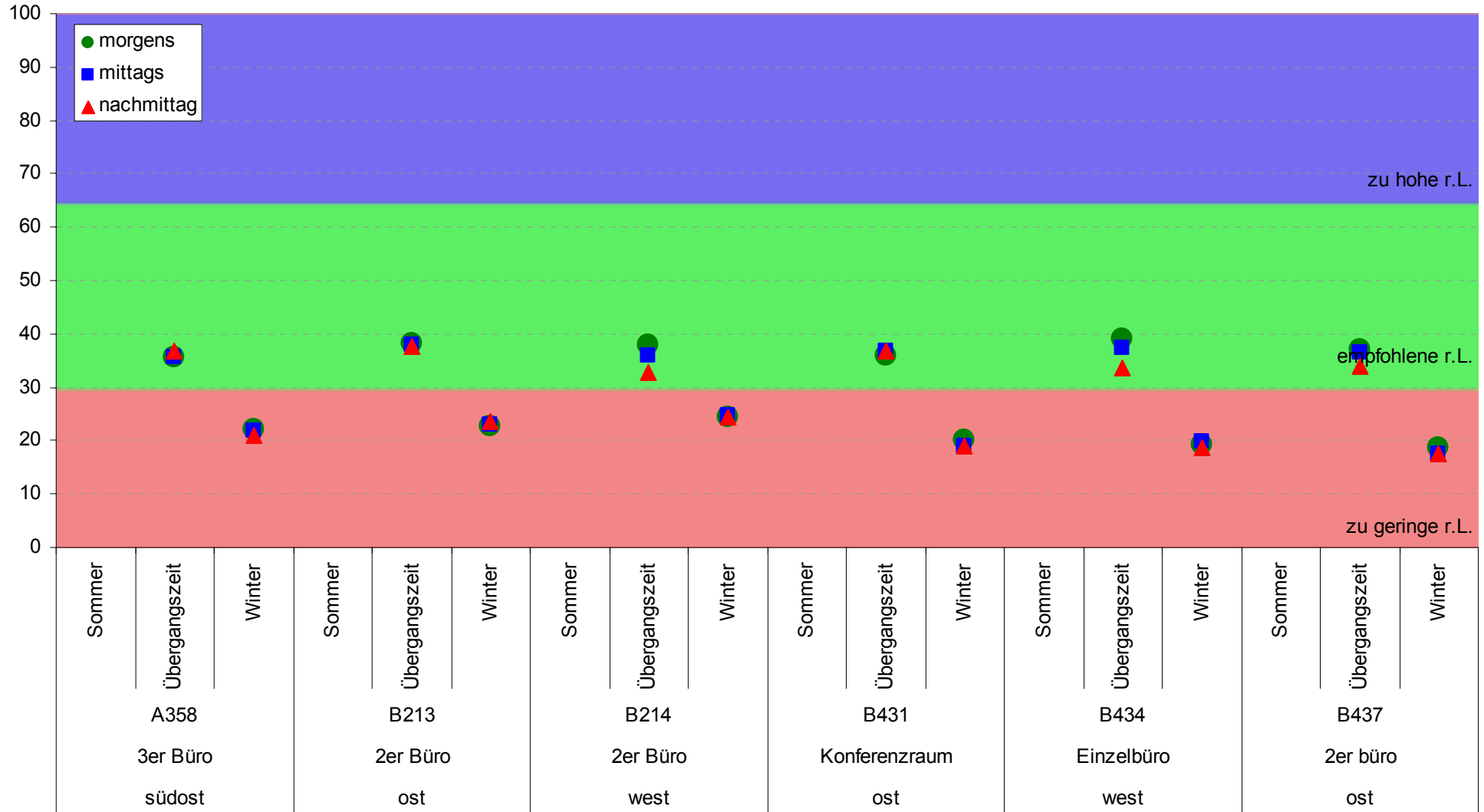


- ◆ Hauptgebäude
- Z2-Gebäude
- ▲ DVA-Gebäude

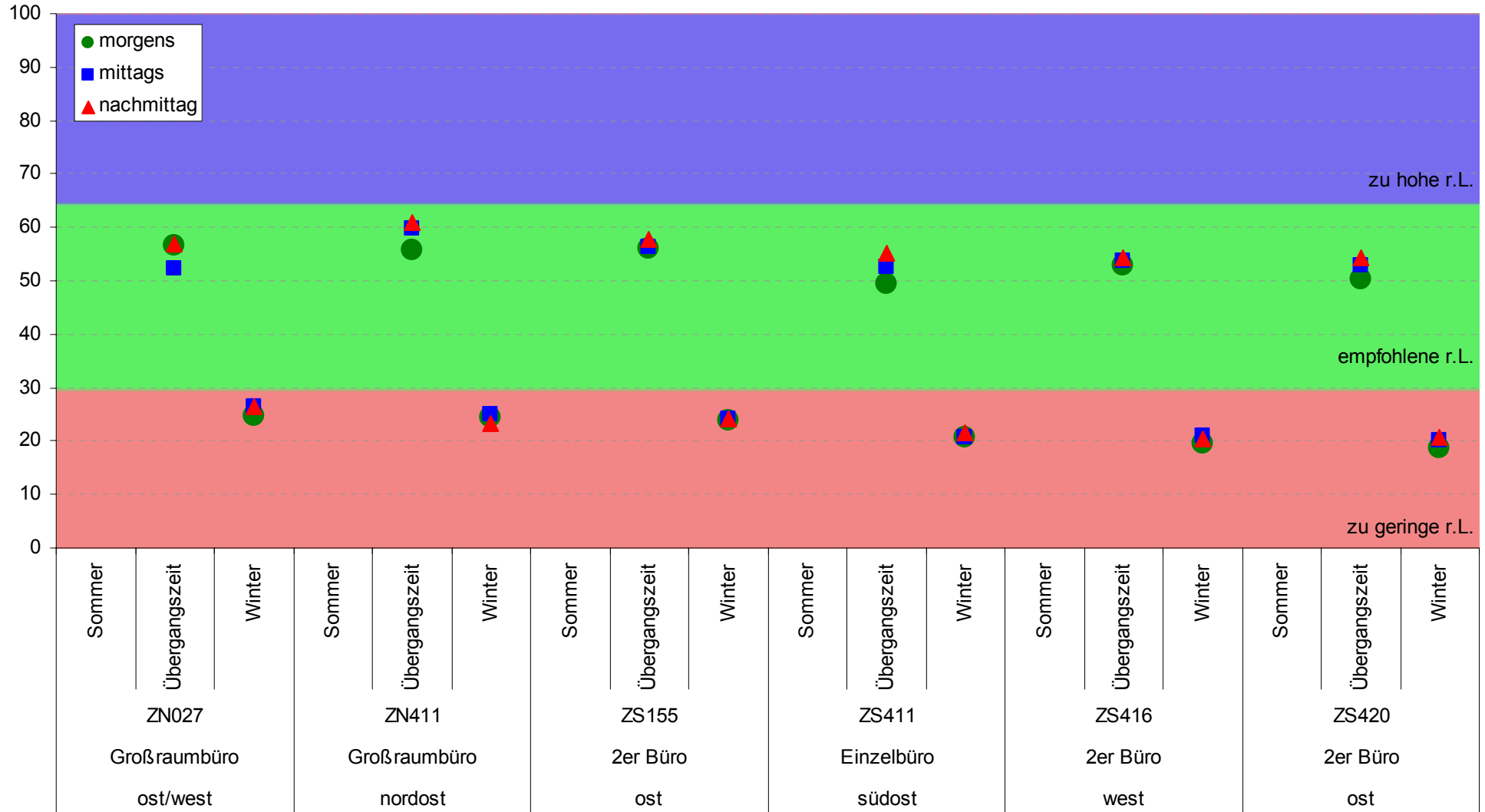
**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**    **Außentemperatur [ °C ]**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**  
 Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude    = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09

### Relative Luftfeuchtigkeit(%) Hauptverwaltung

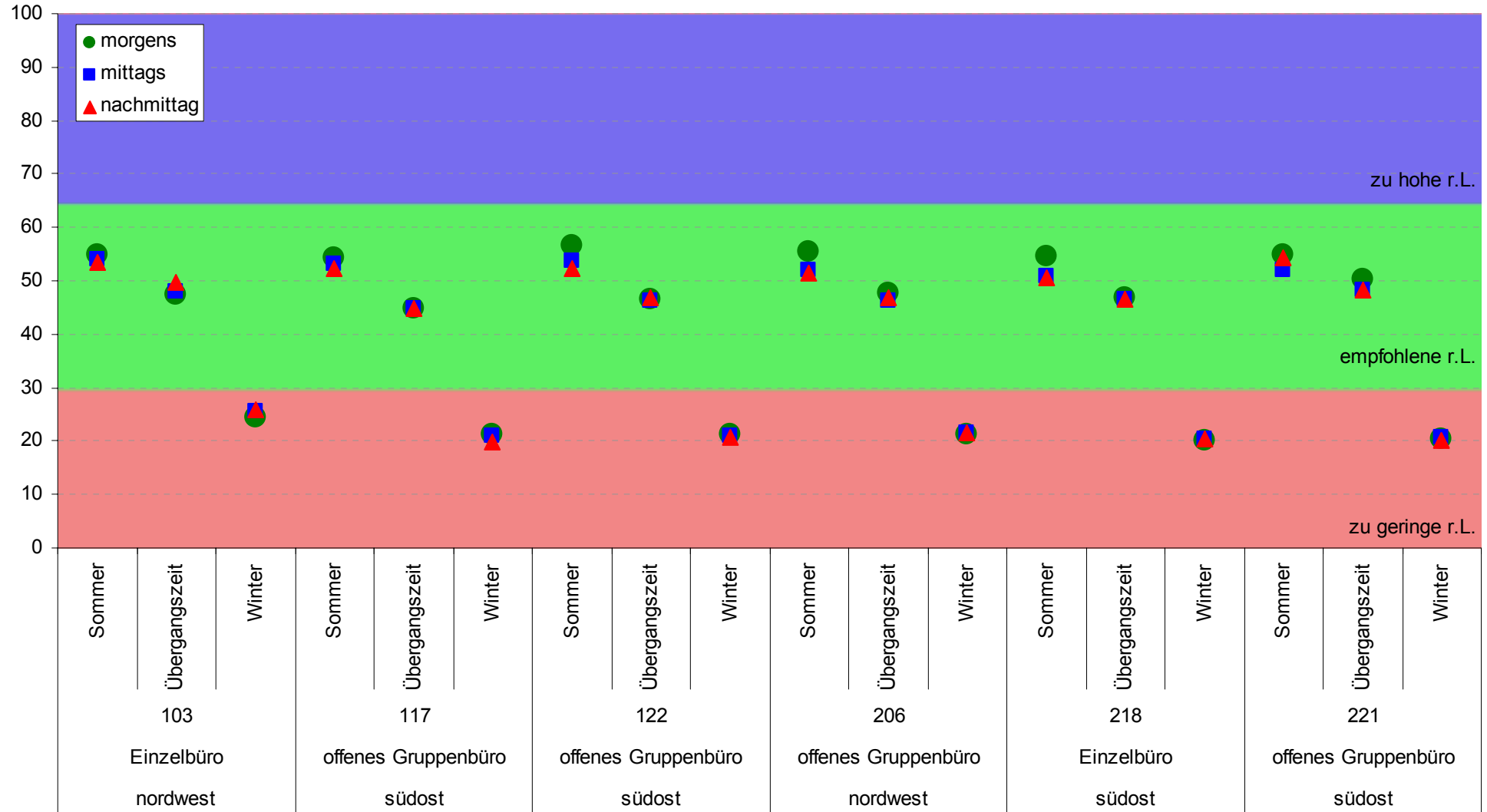


### Relative Luftfeuchtigkeit(%) Z-Zwo-Gebäude



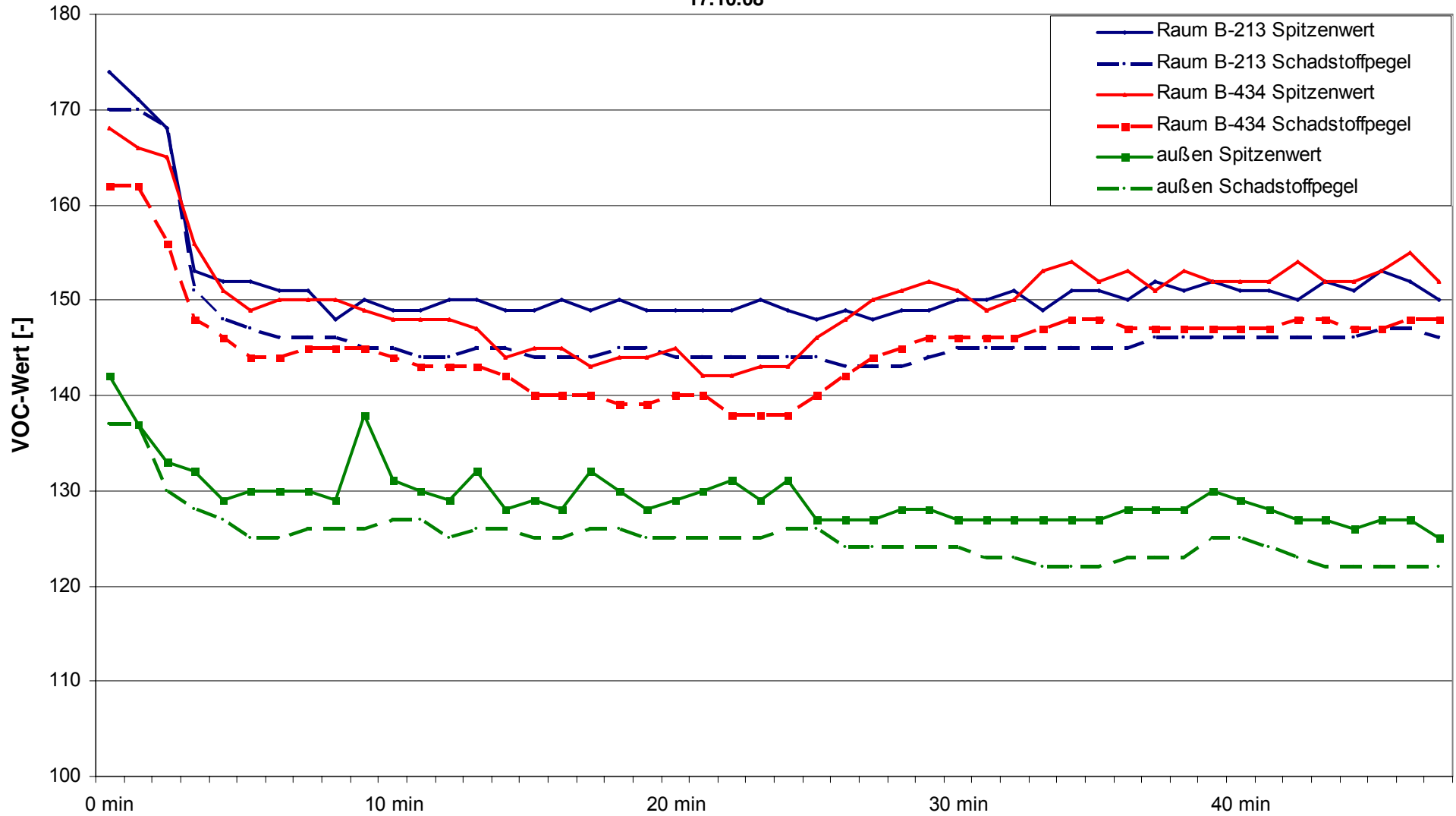


### Relative Luftfeuchtigkeit(%) DVA-Gebäude



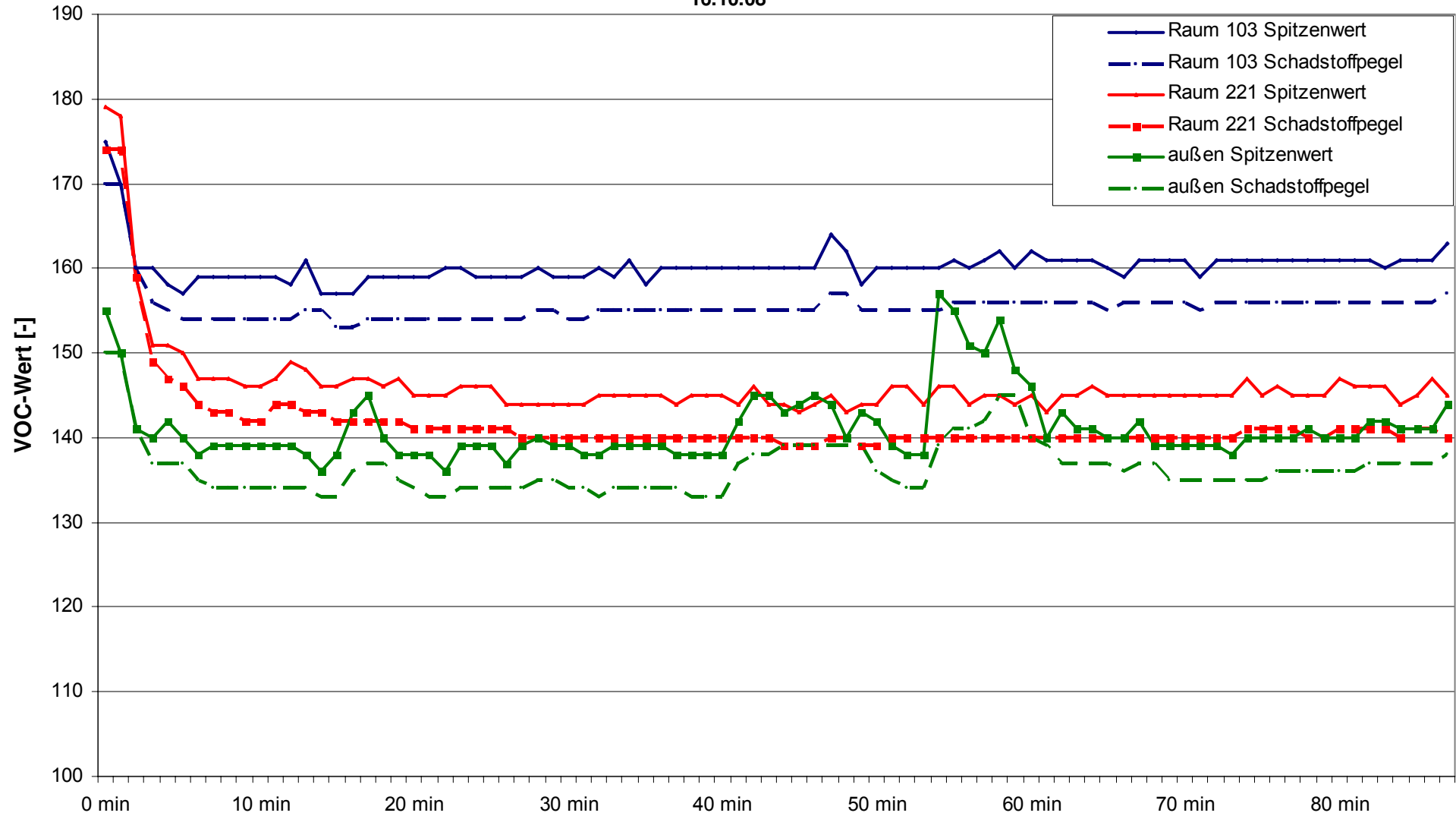
### VOC-Messung Haupt-Gebäude

17.10.08



## VOC-Messung DVA-Gebäude

16.10.08



| Projekt: REG      |            | Gebäude: Haupt-Gebäude |                            | Datum: 17.10.2008 |             |              |             |       |         |                |     |            |              |       |             |             |      |              |              |               |         |
|-------------------|------------|------------------------|----------------------------|-------------------|-------------|--------------|-------------|-------|---------|----------------|-----|------------|--------------|-------|-------------|-------------|------|--------------|--------------|---------------|---------|
| durchgeführt von: |            | KD,SI                  |                            |                   |             |              |             |       |         |                |     |            |              |       |             |             |      |              |              |               |         |
| Raumnr.           | Messung    | Uhrzeit                | Belegung<br>Personenanzahl | Raumtyp           |             |              | Fenster     |       |         | Lüftungsanlage |     |            | Sonnenschutz |       |             | Beleuchtung |      |              | Einzelraumr. |               |         |
|                   |            |                        |                            | Einzelbüro        | Gruppenbüro | Großraumbüro | geschlossen | offen | gekippt | keine          | aus | an (Stufe) | kein         | offen | geschlossen | aus         | an   | Stärke (LUX) | kein         | Grundstellung | genutzt |
| B213              | vormittag  | 8:45                   | 2                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 429  | X            |              |               |         |
|                   | mittag     | 11:23                  | 2                          |                   | X           |              | X           |       |         | X              |     |            |              |       | X           | X           | 544  |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 14:03                  | 2                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              |       | X           | X           | 487  |              |              |               |         |
| B214              | vormittag  | 9:34                   | 2                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 487  | X            |              |               |         |
|                   | mittag     | 11:53                  | 2                          |                   | X           |              |             | X     |         | X              |     |            |              | X     |             | X           | 589  |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 14:14                  | 0                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 503  |              |              |               |         |
| A358              | vormittag  | 9:51                   | 2                          |                   |             |              |             | X     |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 1105 | X            |              |               |         |
|                   | mittag     | 12:06                  | 2                          |                   | X           |              | X           |       |         | X              |     |            |              |       | X           | X           | 304  |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 14:30                  | 2                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              |       | X           | X           | 292  |              |              |               |         |
| B431              | vormittag  | 10:06                  | 0                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 2770 | X            |              |               |         |
|                   | mittag     | 12:25                  | 0                          |                   | X           |              | X           |       |         | X              |     |            |              | X     |             | X           | 8970 |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 14:45                  | 0                          |                   |             |              | X           |       |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 663  |              |              |               |         |
| B434              | vormittag  | 10:30                  | 0                          |                   |             |              |             |       | X       |                |     |            |              |       | X           |             | X    | 189          | X            |               |         |
|                   | mittag     | 12:35                  | 1                          | X                 |             |              |             |       | X       |                |     |            |              |       | X           |             | X    | 232          |              |               |         |
|                   | nachmittag | 14:57                  | 1                          |                   |             |              |             |       | X       |                |     |            |              |       | X           |             | X    | 283          |              |               |         |
| B437              | vormittag  | 10:52                  | 2                          |                   |             |              |             | X     |         |                |     |            |              | X     |             | X           | 817  | X            |              |               |         |
|                   | mittag     | 12:47                  | 2                          |                   | X           |              |             |       | X       |                |     |            |              | X     |             | X           | 220  |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 15:07                  | 2                          |                   |             |              |             |       | X       |                |     |            |              | X     |             | X           | 247  |              |              |               |         |
| außen             | vormittag  | 8:28                   | Kommentar                  |                   |             |              |             |       |         |                |     |            |              |       |             |             |      |              |              |               |         |
|                   | mittag     | 11:18                  | Anmerkung                  |                   |             |              |             |       |         |                |     |            |              |       |             |             |      |              |              |               |         |
|                   | nachmittag | 15:22                  |                            |                   |             |              |             |       |         |                |     |            |              |       |             |             |      |              |              |               |         |

Messprotokoll Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730

Projekt: REG Gebäude: Z2 Datum: 14.10.2008  
 durchgeführt von: BB,SI

| Raumnr. | Messung    | Uhrzeit | Belegung  | Raumtyp        |            |             | Fenster      |             |       | Lüftungsanlage |       |     | Sonnenschutz |      |       | Beleuchtung |     |       | Einzelraumr. |      |               |         |
|---------|------------|---------|-----------|----------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------|----------------|-------|-----|--------------|------|-------|-------------|-----|-------|--------------|------|---------------|---------|
|         |            |         |           | Personenanzahl | Einzelbüro | Gruppenbüro | Großraumbüro | geschlossen | offen | gekippt        | keine | aus | an (Stufe)   | kein | offen | geschlossen | aus | an    | Stärke (LUX) | kein | Grundstellung | genutzt |
| N027    | vormittag  | 8:35    | 8         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 435   |              |      |               |         |
|         | mittag     | 10:33   | 8         |                |            | X           |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 426   | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 12:45   | 3         |                |            |             |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 315   |              |      |               |         |
| S155    | vormittag  | 8:57    | 2         |                |            |             |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 694   |              |      |               |         |
|         | mittag     | 10:53   | 2         |                | X          |             |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 687   | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 13:05   | 1         |                |            |             |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 1485  |              |      |               |         |
| N411    | vormittag  | 9:15    | 5         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           |     | 2980  |              |      |               |         |
|         | mittag     | 11:04   | 3         |                |            | X           |              |             | X     |                |       |     |              |      | X     | X           |     | 190   | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 13:26   | 4         |                |            |             |              |             | X     |                |       |     |              |      | X     | X           |     | 255   |              |      |               |         |
| S420    | vormittag  | 9:42    | 1         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           |     | 10990 |              |      |               |         |
|         | mittag     | 11:18   | 1         |                | X          |             | X            |             |       | X              |       |     |              | X    |       | X           |     | 1726  | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 13:45   | 1         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           |     | 2490  |              |      |               |         |
| S411    | vormittag  | 9:54    | 0         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           |     | 4120  |              |      |               |         |
|         | mittag     | 11:35   | 0         | X              |            |             | X            |             |       | X              |       |     |              | X    |       | X           |     | 2700  | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 13:57   | 0         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           |     | 1096  |              |      |               |         |
| S416    | vormittag  | 10:05   | 2         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 1592  |              |      |               |         |
|         | mittag     | 11:47   | 2         |                | X          |             | X            |             |       | X              |       |     |              | X    |       |             | X   | 1382  | X            |      |               |         |
|         | nachmittag | 14:15   | 3         |                |            |             | X            |             |       |                |       |     |              | X    |       |             | X   | 1026  |              |      |               |         |
| außen   | vormittag  | 10:21   | Kommentar |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |       |              |      |               |         |
|         | mittag     | 12:01   | Anmerkung |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |       |              |      |               |         |
|         | nachmittag | 14:28   |           |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |       |              |      |               |         |

Messprotokoll Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730

Projekt: REG Gebäude: DVA Datum: 16.10.2008  
 durchgeführt von: SI

| Raumnr. | Messung    | Uhrzeit | Belegung  | Raumtyp        |            |             | Fenster      |             |       | Lüftungsanlage |       |     | Sonnenschutz |      |       | Beleuchtung |     |    | Einzelraumr. |      |               |
|---------|------------|---------|-----------|----------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------|----------------|-------|-----|--------------|------|-------|-------------|-----|----|--------------|------|---------------|
|         |            |         |           | Personenanzahl | Einzelbüro | Gruppenbüro | Großraumbüro | geschlossen | offen | gekippt        | keine | aus | an (Stufe)   | kein | offen | geschlossen | aus | an | Stärke (LUX) | kein | Grundstellung |
| 221     | vormittag  | 8:55    | 0         |                |            | X           |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 465 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 10:44   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 525 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 12:37   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 497 |    |              |      |               |
| 218     | vormittag  | 9:11    | 1         |                |            |             |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 838 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 11:22   | 1         | X              |            |             |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 764 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 13:21   | 1         |                |            |             |              |             |       |                | X     |     |              | X    |       | X           | 557 |    |              |      |               |
| 206     | vormittag  | 9:31    | 1         |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 260 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 11:37   | 2         |                |            | X           |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 473 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 13:39   | 1         |                |            | X           |              |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 477 |    |              |      |               |
| 122     | vormittag  | 9:47    | 1         |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 517 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 11:52   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 626 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 13:58   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 554 |    |              |      |               |
| 103     | vormittag  | 10:01   | 1         |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 856 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 12:03   | 0         | X              |            |             |              |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 117 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 14:08   | 0         |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              | X    | X     |             | 95  |    |              |      |               |
| 117     | vormittag  | 10:15   | 1         |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 748 |    |              |      |               |
|         | mittag     | 12:12   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 783 |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 14:17   | 0         |                |            | X           |              |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 783 |    |              |      |               |
| außen   | vormittag  | 10:30   | Kommentar |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |    |              |      |               |
|         | mittag     | 12:26   | Anmerkung |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |    |              |      |               |
|         | nachmittag | 14:30   |           |                |            |             |              |             |       |                |       |     |              |      |       |             |     |    |              |      |               |

| Messprotokoll Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 |            |         |                        |                |                   |             |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|---|------------|---------|------------------------|----------------|-------------------|-------------|------------------------|-------------|-------|----------------|-------|-----|--------------|------|-------|-------------|------|----|--------------|------|---------------|
| Projekt: REG  |            |         | Gebäude: Haupt-Gebäude |                | Datum: 13.01.2009 |             |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| durchgeführt von:   |            |         | Si                     |                |                   |             |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| Raumnr.   | Messung    | Uhrzeit | Belegung               | Raumtyp        |                   |             | Fenster                |             |       | Lüftungsanlage |       |     | Sonnenschutz |      |       | Beleuchtung |      |    | Einzelraumr. |      |               |
|   |            |         |                        | Personenanzahl | Einzelbüro        | Gruppenbüro | Großraumbüro           | geschlossen | offen | gekipppt       | keine | aus | an (Stufe)   | kein | offen | geschlossen | aus  | an | Stärke (LUX) | kein | Grundstellung |
| B431  | vormittag  | 10:38   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 220  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 11:58   | 0                      |                | X                 |             | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 2080 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:07   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 635  |    |              |      |               |
| B434  | vormittag  | 10:48   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              |      | X     | X           | 45   |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:08   | 0                      | X              |                   |             | X                      |             | X     |                |       |     |              |      | X     | X           | 65   | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:17   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              |      | X     | X           | 97   |    |              |      |               |
| B437  | vormittag  | 10:58   | 1                      |                |                   |             |                        |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 1071 |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:19   | 1                      |                | X                 |             |                        |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 223  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:28   | 1                      |                |                   |             |                        |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 137  |    |              |      |               |
| A358  | vormittag  | 11:14   | 1                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 1198 |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:33   | 1                      |                | X                 |             | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 1307 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:43   | 1                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 1514 |    |              |      |               |
| B214  | vormittag  | 11:30   | 2                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 455  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:44   | 2                      |                | X                 |             | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    |       | X           | 427  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:55   | 1                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              | X    |       | X           | 440  |    |              |      |               |
| B213  | vormittag  | 11:43   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              |      | X     | X           | 470  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:55   | 0                      |                | X                 |             | X                      |             | X     |                |       |     |              |      | X     | X           | 430  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:09   | 0                      |                |                   |             | X                      |             |       |                |       |     |              |      | X     | X           | 403  |    |              |      |               |
| außen   | vormittag  | 9:51    | Wetter                 | Sonne/klar     |                   |             | Kommentar<br>Anmerkung |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | mittag     | 13:05   | Wetter                 | Sonne/klar     |                   |             |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:25   | Wetter                 | Sonne/klar     |                   |             |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |

| Messprotokoll Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 |            |         |             |                |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|---|------------|---------|-------------|----------------|------------|-------------------|------------------------|-------------|-------|----------------|-------|-----|--------------|------|-------|-------------|------|----|--------------|------|---------------|
| Projekt: REG  |            |         | Gebäude: Z2 |                |            | Datum: 12.01.2009 |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| durchgeführt von: SI  |            |         |             |                |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| Raumnr.   | Messung    | Uhrzeit | Belegung    | Raumtyp        |            |                   | Fenster                |             |       | Lüftungsanlage |       |     | Sonnenschutz |      |       | Beleuchtung |      |    | Einzelraumr. |      |               |
|   |            |         |             | Personenanzahl | Einzelbüro | Gruppenbüro       | Großraumbüro           | geschlossen | offen | gekipppt       | keine | aus | an (Stufe)   | kein | offen | geschlossen | aus  | an | Stärke (LUX) | kein | Grundstellung |
| N027  | vormittag  | 10:55   | 17          |                |            | X                 | X                      |             |       |                |       |     | X            |      |       | X           | 321  | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 12:11   | 16          |                |            | X                 | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      | X     |             | 233  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:01   | 7           |                |            | X                 | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      | X     |             | 203  | X  |              |      |               |
| S155  | vormittag  | 11:12   | 0           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      |       | X           | 529  | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 12:20   | 0           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      | X     |             | 490  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:15   | 2           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      | X     |             | 950  | X  |              |      |               |
| N411  | vormittag  | 11:25   | 6           |                |            | X                 | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 508  | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 12:31   | 5           |                |            | X                 | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 520  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:37   | 4           |                |            | X                 | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 270  | X  |              |      |               |
| S420  | vormittag  | 11:43   | 0           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 1240 | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 12:41   | 0           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 1760 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:51   | 0           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 1170 | X  |              |      |               |
| S411  | vormittag  | 11:52   | 1           | X              |            |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 947  | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 12:50   | 1           | X              |            |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 1020 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:01   | 0           | X              |            |                   | X                      |             | X     |                |       |     |              | X    | X     |             | 901  | X  |              |      |               |
| S416  | vormittag  | 12:00   | 1           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      |       | X           | 1305 | X  |              |      |               |
|   | mittag     | 13:00   | 2           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      |       | X           | 1103 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:15   | 2           |                | X          |                   | X                      |             | X     |                |       |     | X            |      |       | X           | 1501 | X  |              |      |               |
| außen   | vormittag  | 10:05   | Wetter      | Sonne/klar     |            |                   | Kommentar<br>Anmerkung |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | mittag     | 13:16   | Wetter      | Sonne/klar     |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:31   | Wetter      | Sonne/klar     |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |



| Messprotokoll Thermische Behaglichkeit nach DIN EN ISO 7730 |            |         |              |                |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|---|------------|---------|--------------|----------------|------------|-------------------|------------------------|-------------|-------|----------------|-------|-----|--------------|------|-------|-------------|------|----|--------------|------|---------------|
| Projekt: REG  |            |         | Gebäude: DVA |                |            | Datum: 08.01.2009 |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| durchgeführt von: SI  |            |         |              |                |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
| Raumnr.   | Messung    | Uhrzeit | Belegung     | Raumtyp        |            |                   | Fenster                |             |       | Lüftungsanlage |       |     | Sonnenschutz |      |       | Beleuchtung |      |    | Einzelraumr. |      |               |
|   |            |         |              | Personenanzahl | Einzelbüro | Gruppenbüro       | Großraumbüro           | geschlossen | offen | gekippt        | keine | aus | an (Stufe)   | kein | offen | geschlossen | aus  | an | Stärke (LUX) | kein | Grundstellung |
| 221   | vormittag  | 11:03   | 2            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              |      | X     | X           | 510  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 11:58   | 2            |                |            | X                 | X                      |             |       |                |       | X   |              |      | X     | X           | 498  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 13:47   | 2            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              |      | X     | X           | 487  |    |              |      |               |
| 218   | vormittag  | 11:11   | 1            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 1233 |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:07   | 1            | X              |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 1843 | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:01   | 1            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 1668 |    |              |      |               |
| 206   | vormittag  | 11:17   | 0            |                |            |                   | X                      |             |       | X              |       |     |              | X    | X     | X           | 628  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:17   | 0            |                |            | X                 | X                      |             |       | X              |       |     |              | X    | X     | X           | 704  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:15   | 0            |                |            |                   |                        |             | X     |                |       |     |              | X    | X     | X           | 718  |    |              |      |               |
| 122   | vormittag  | 11:31   | 1            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 697  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:31   | 1            |                |            | X                 | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 700  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:26   | 0            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 86   |    |              |      |               |
| 103   | vormittag  | 11:38   | 1            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       |     |              | X    | X     | X           | 1027 |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:41   | 0            | X              |            |                   | X                      |             |       | X              |       |     |              | X    | X     | X           | 170  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:35   | 0            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       |     |              | X    | X     | X           | 165  |    |              |      |               |
| 117   | vormittag  | 11:47   | 2            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 866  |    |              |      |               |
|   | mittag     | 12:51   | 2            |                |            | X                 | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 776  | X  |              |      |               |
|   | nachmittag | 14:45   | 1            |                |            |                   | X                      |             |       |                |       | X   |              | X    | X     | X           | 811  |    |              |      |               |
| außen   | vormittag  | 10:20   | Wetter       | Sonne/klar     |            |                   | Kommentar<br>Anmerkung |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | mittag     | 13:05   | Wetter       | Sonne/klar     |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |
|   | nachmittag | 15:08   | Wetter       | Sonne/klar     |            |                   |                        |             |       |                |       |     |              |      |       |             |      |    |              |      |               |

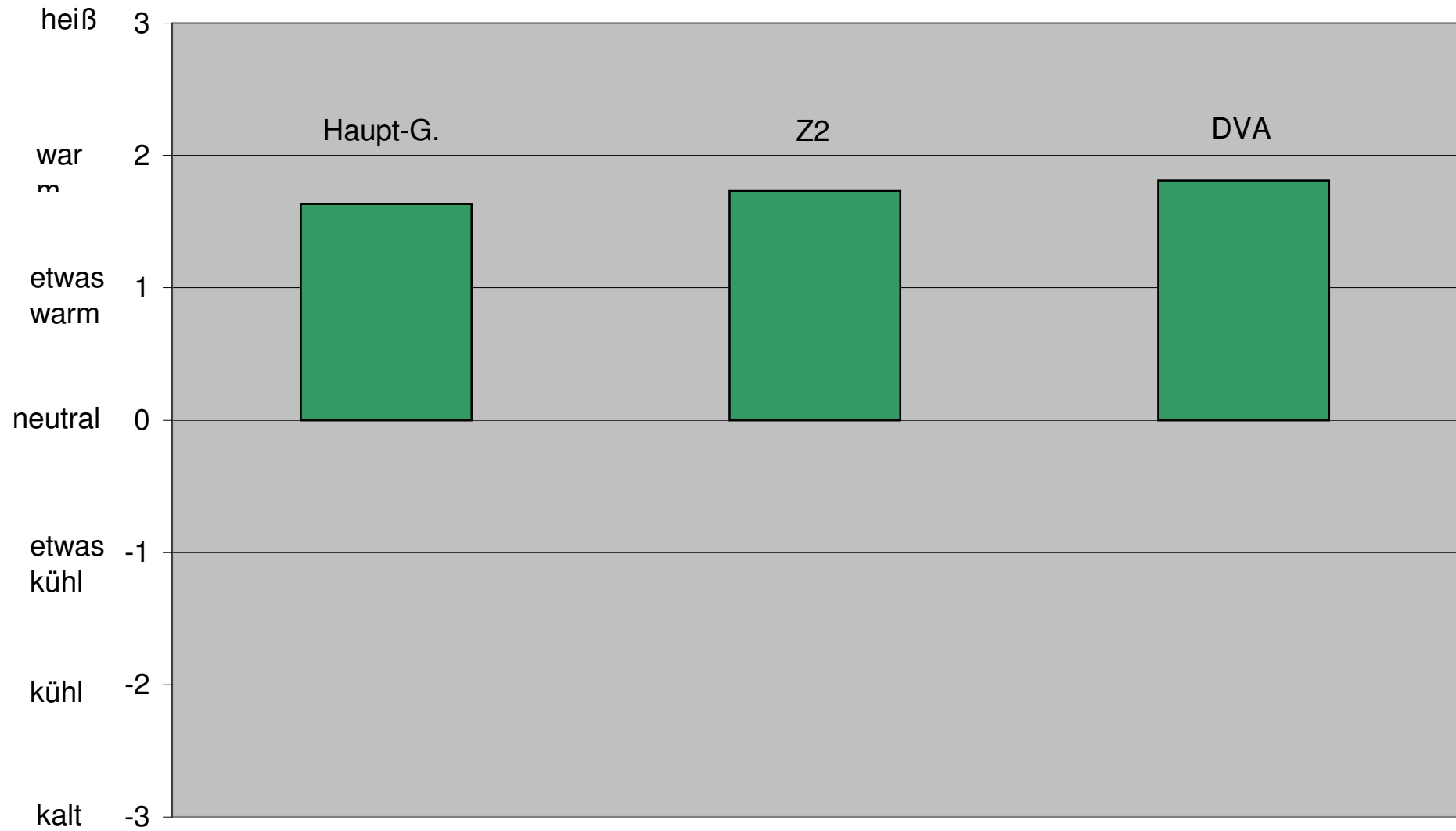
**Anlage 2:** *Nutzerkomfort - Auswertungen Nutzerfragebögen(EGS)*  
*zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | Jahreszeit. Auswertungen Nutzerfragebögen EGS |  | Seiten |
|----------|---|--|--------|
| <b>1</b> | Sommer 2008                                   |  | 1-13   |
| <b>2</b> | Übergangszeit 2008                            |  | 1-22   |
| <b>3</b> | Winter 2008 / 2009                            |  | 1-22   |

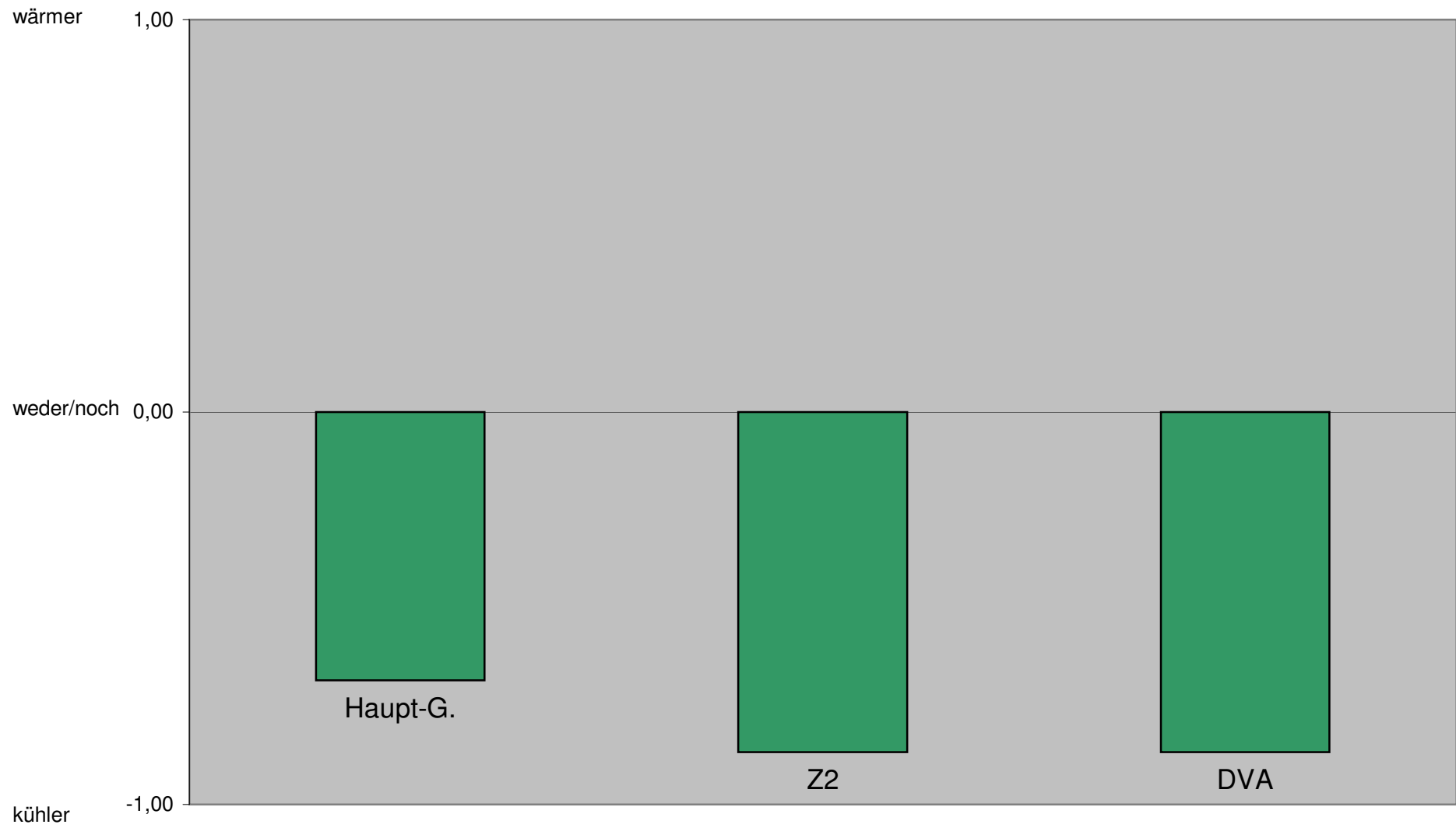
Auswertung Nutzerbefragung enthält 57 Seiten



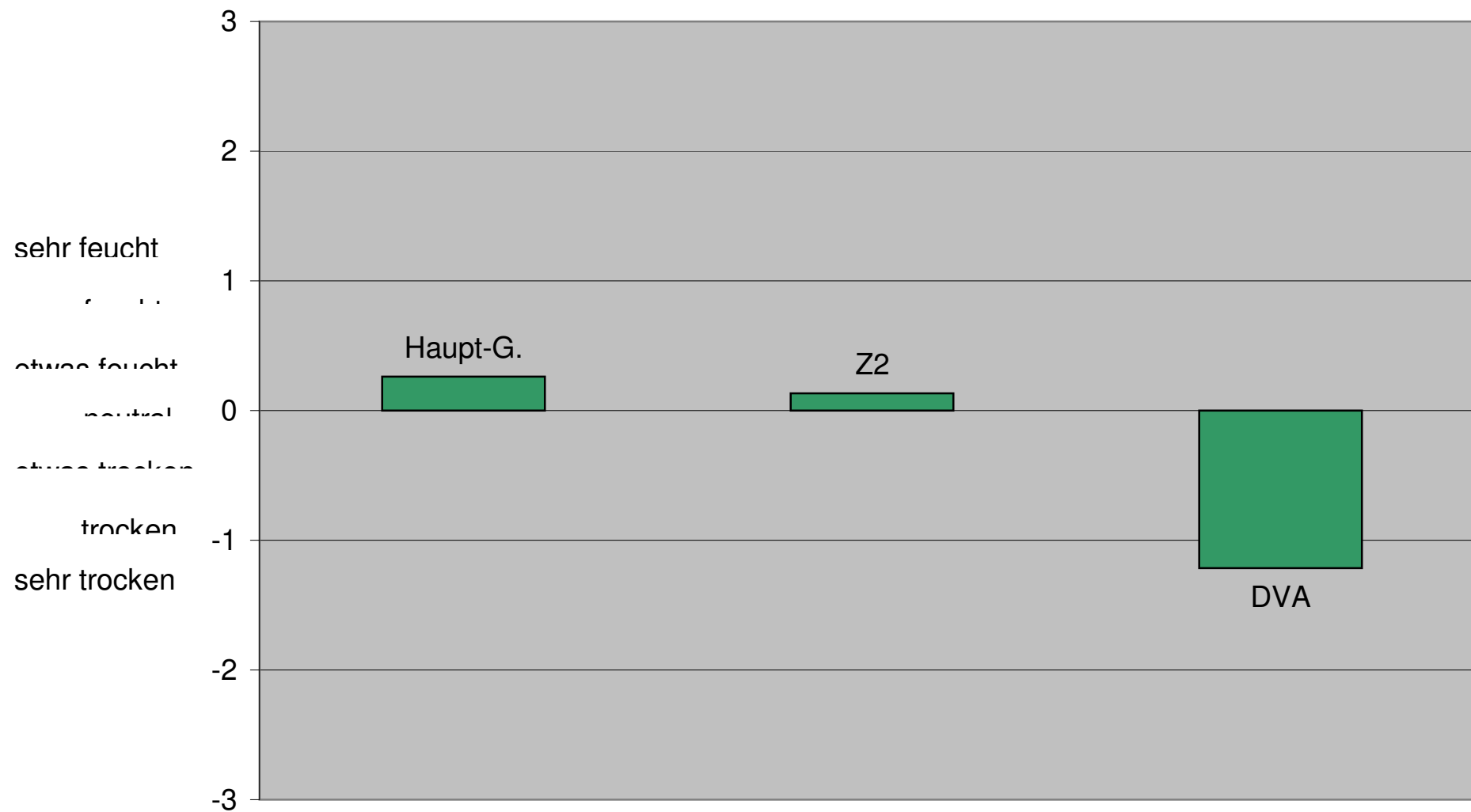
### Die Raumtemperatur empfinde ich im Moment als:



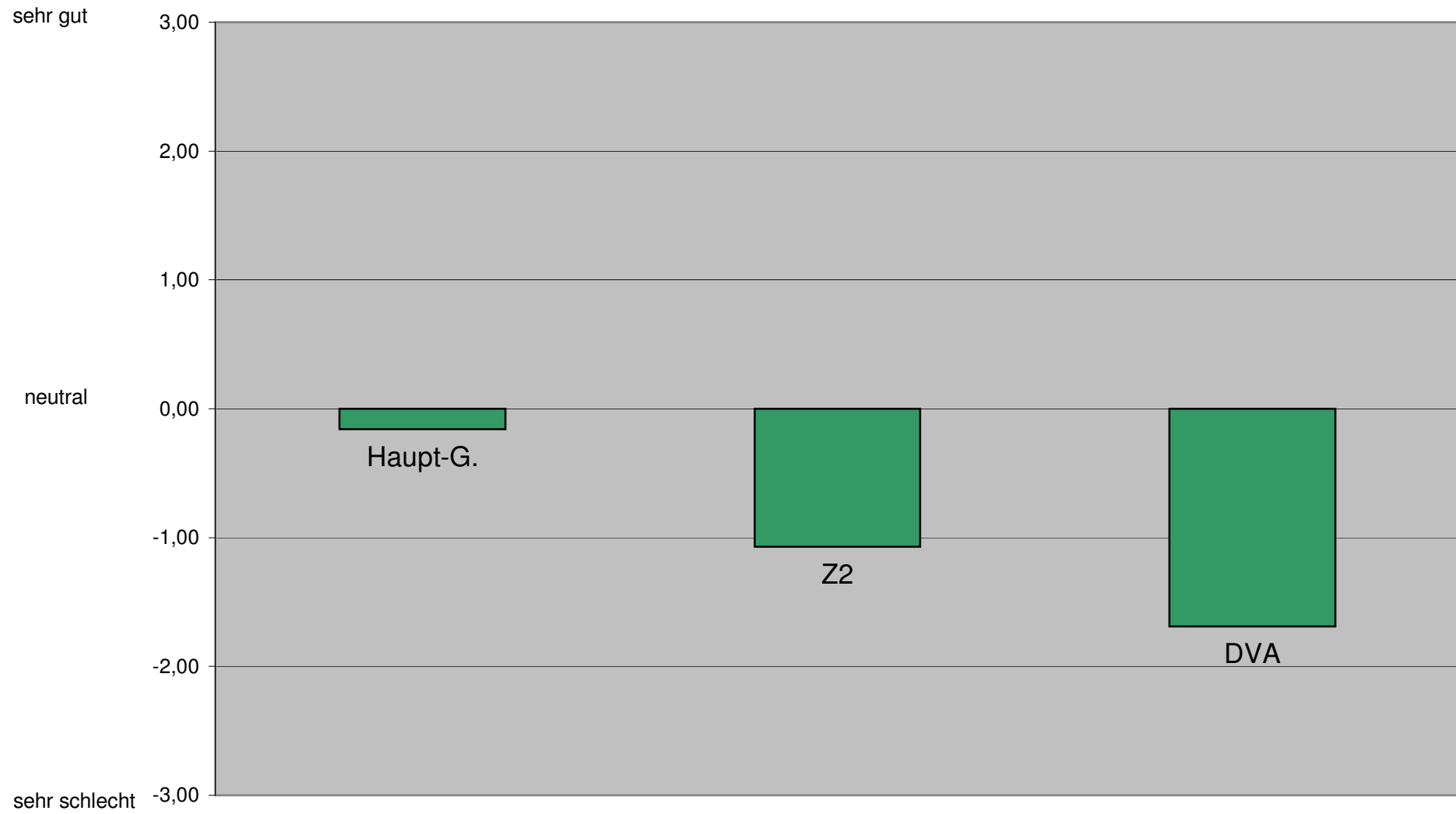
### Die Raumtemperatur möchte ich lieber:



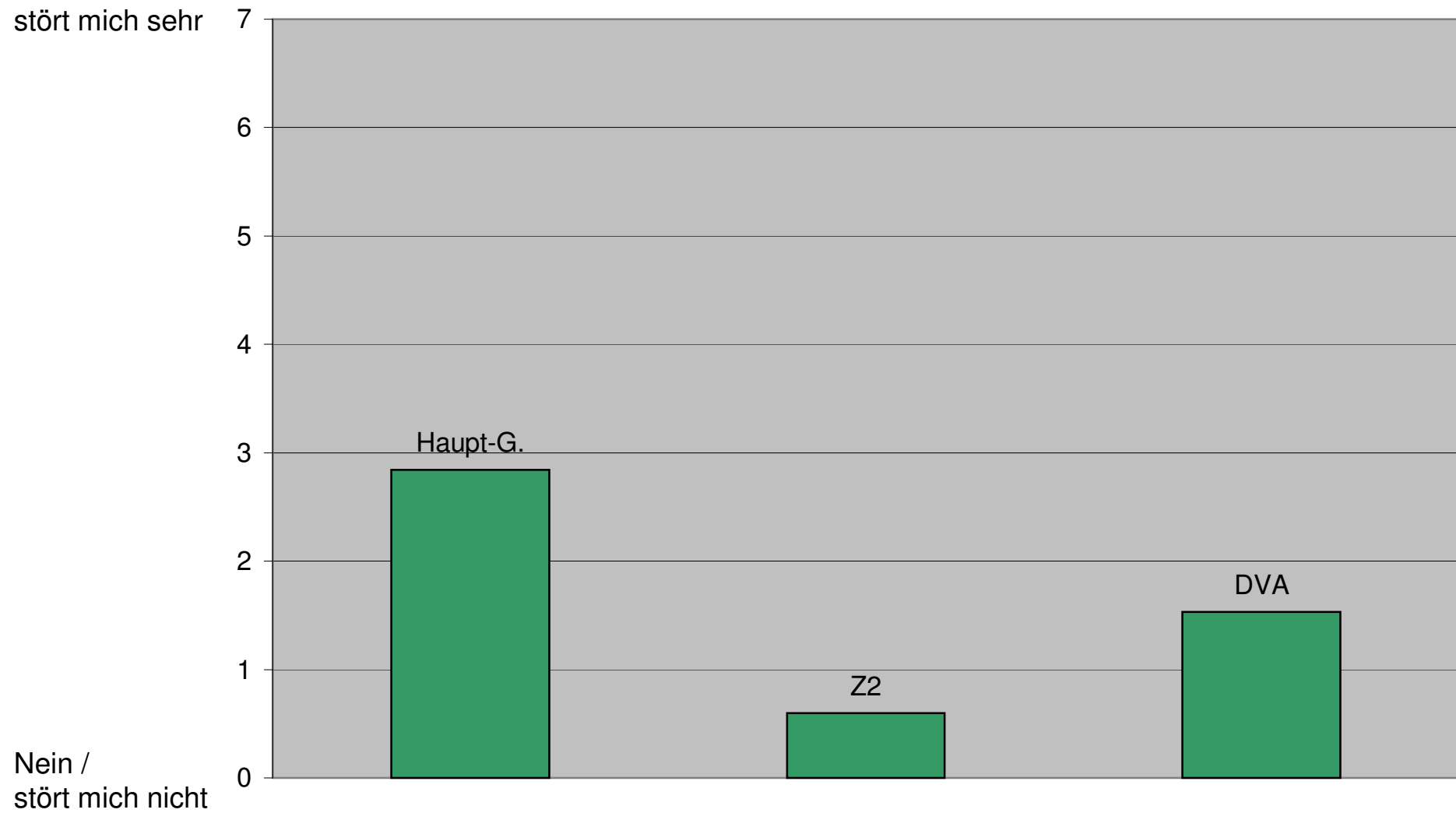
### Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment als:



### Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:

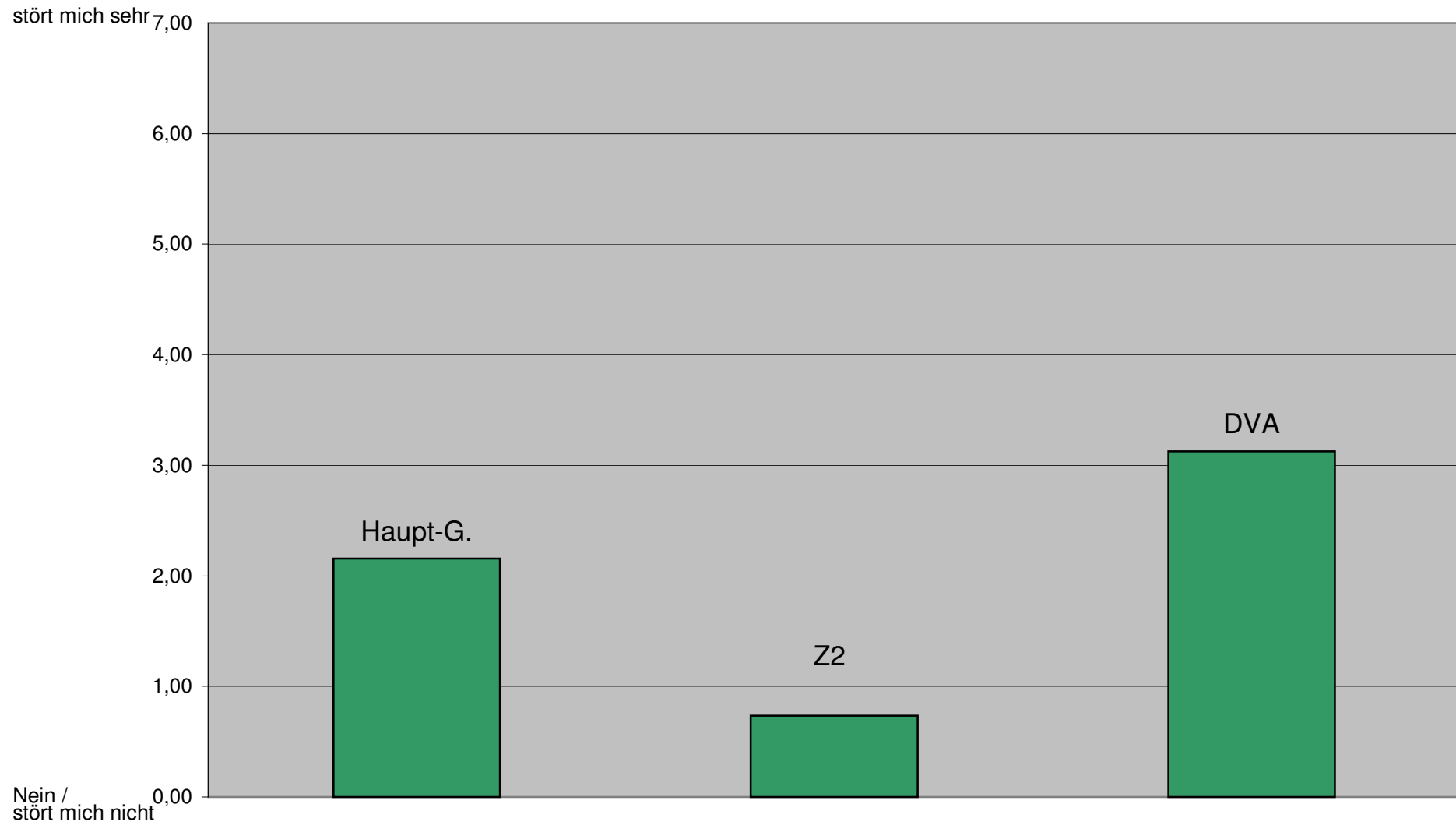


## An meinem Arbeitsplatz verspüre ich einen Luftzug:

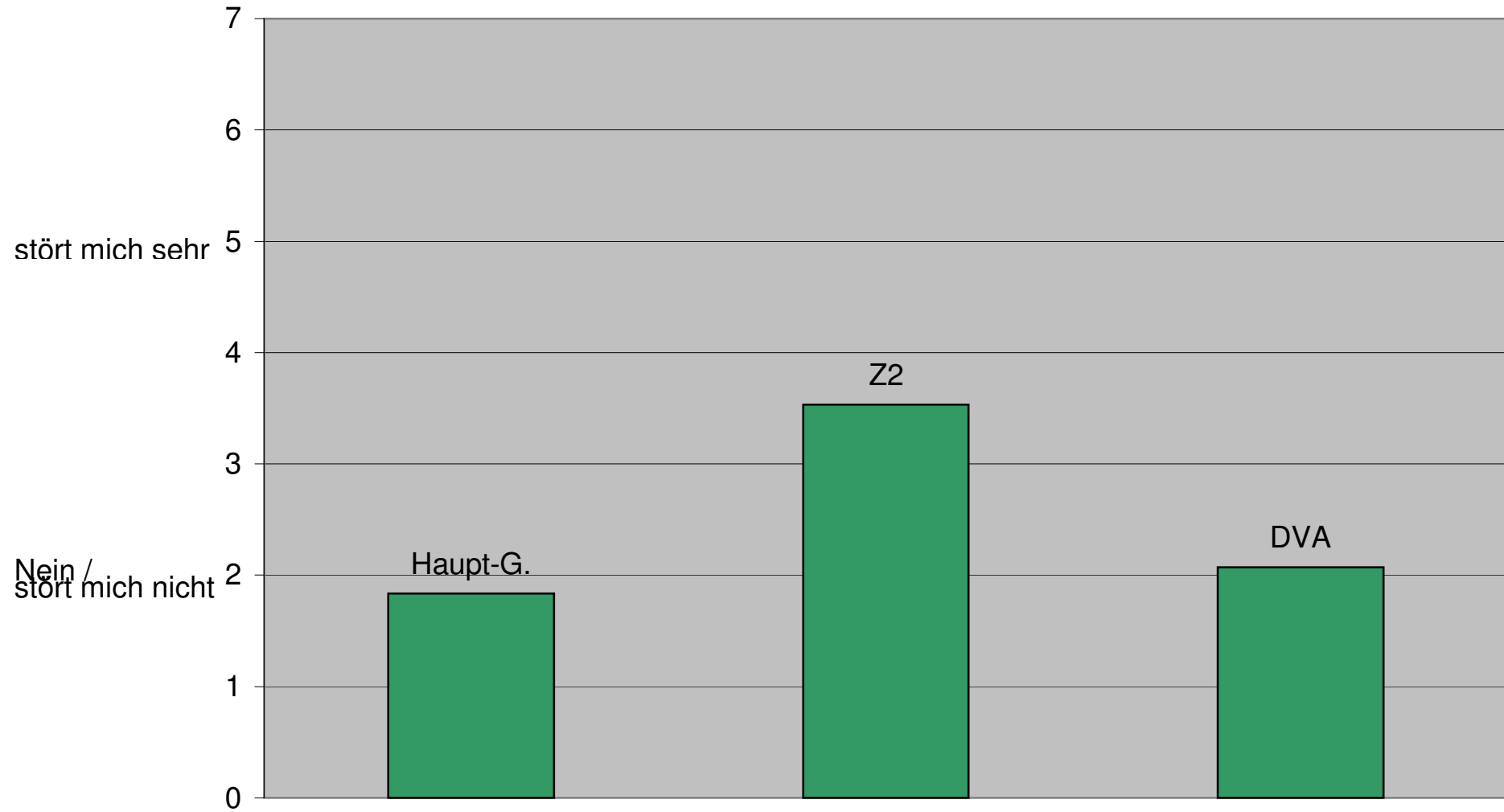




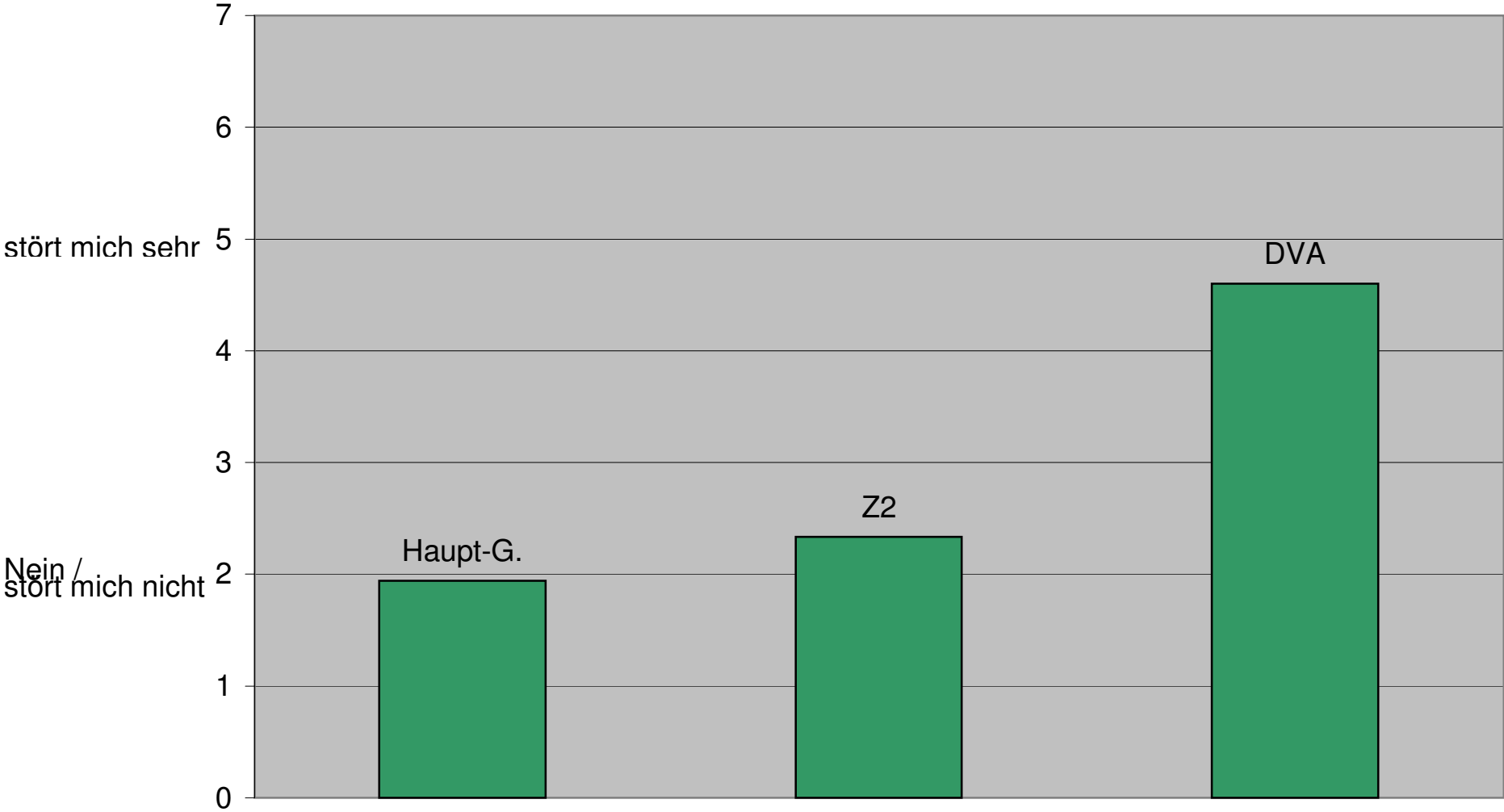
### An meinem Arbeitsplatz kommt es zu Geruchsbelästigungen:



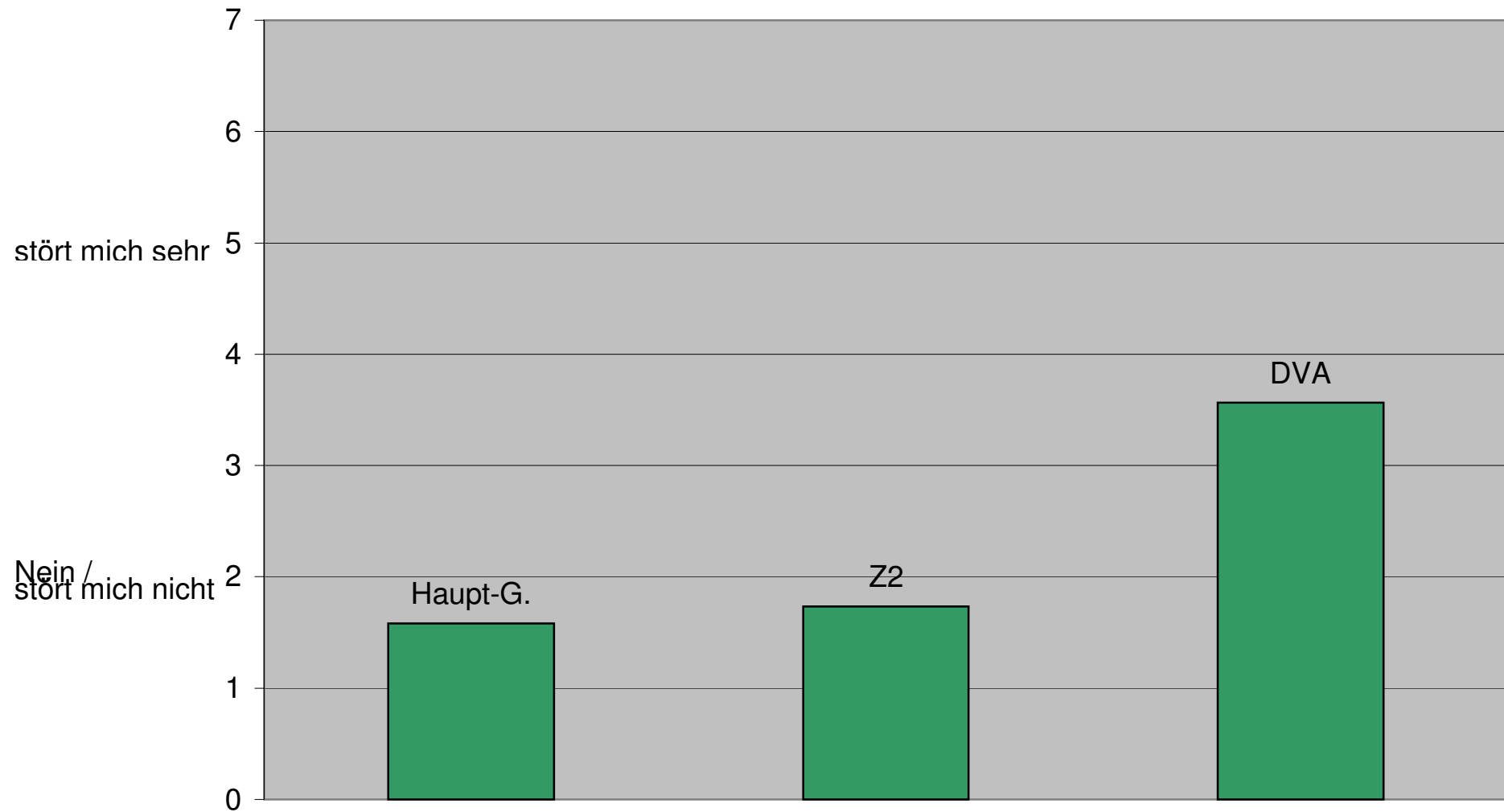
### Telefonate/Gespräche im eigenen Raum stören:



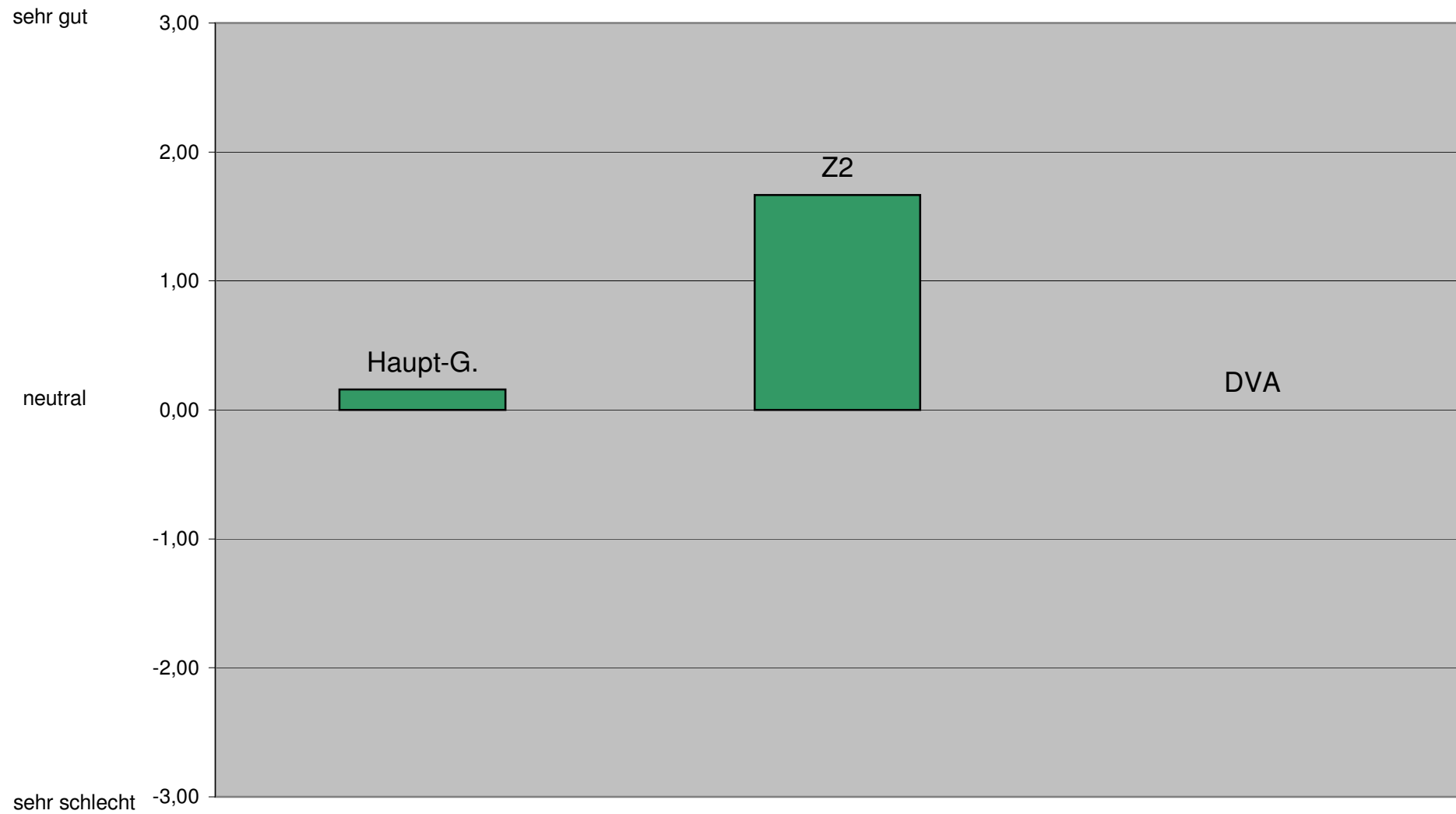
**Geräusche von benachbarten Büroräumen/Flur stören:**



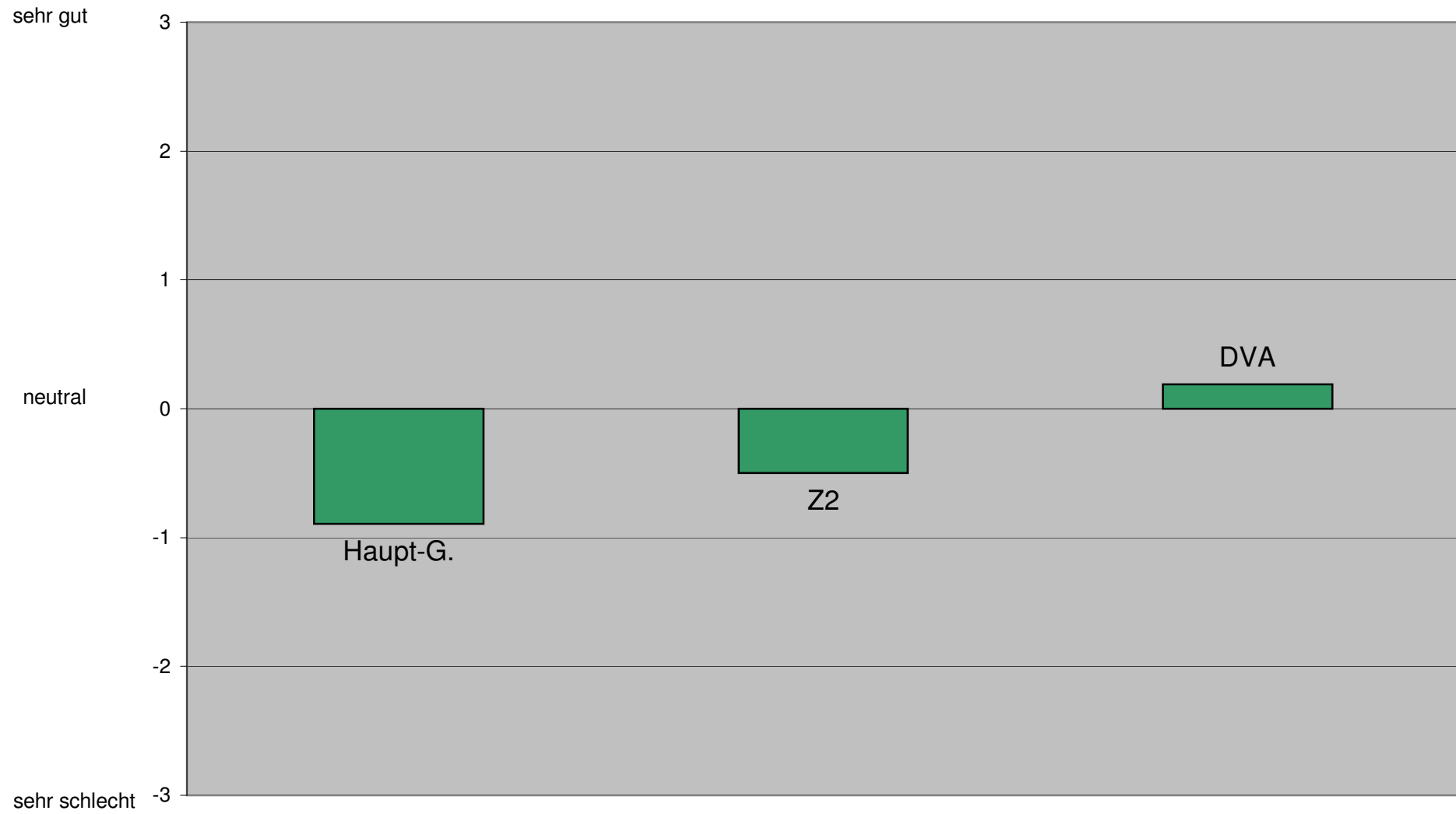
### Geräusche von außerhalb des Gebäudes stören:



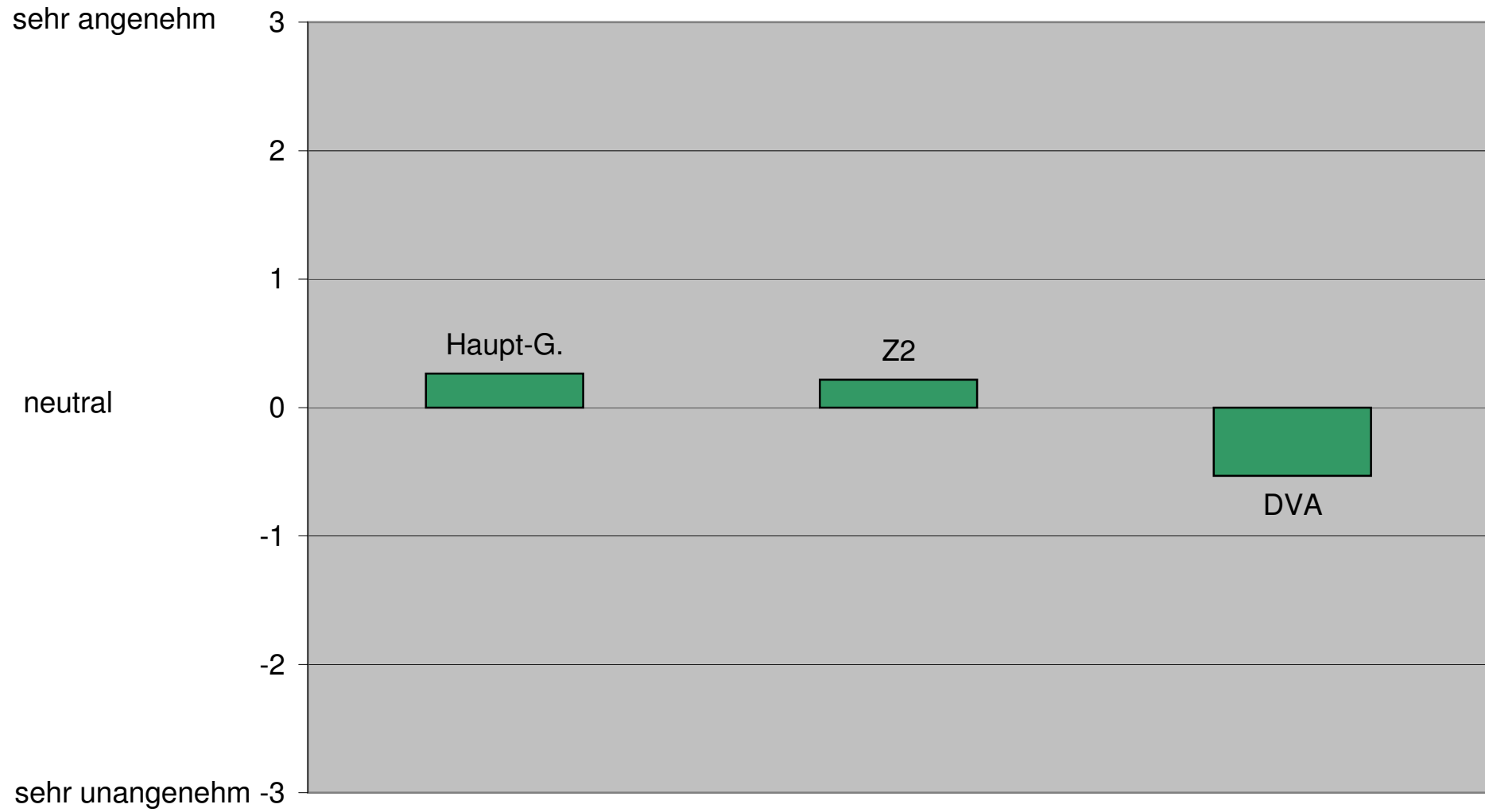
### Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Tageslicht:




### Wie beurteilen Sie den Sonnen- und Blendschutz in Ihrem Büro:



### Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:



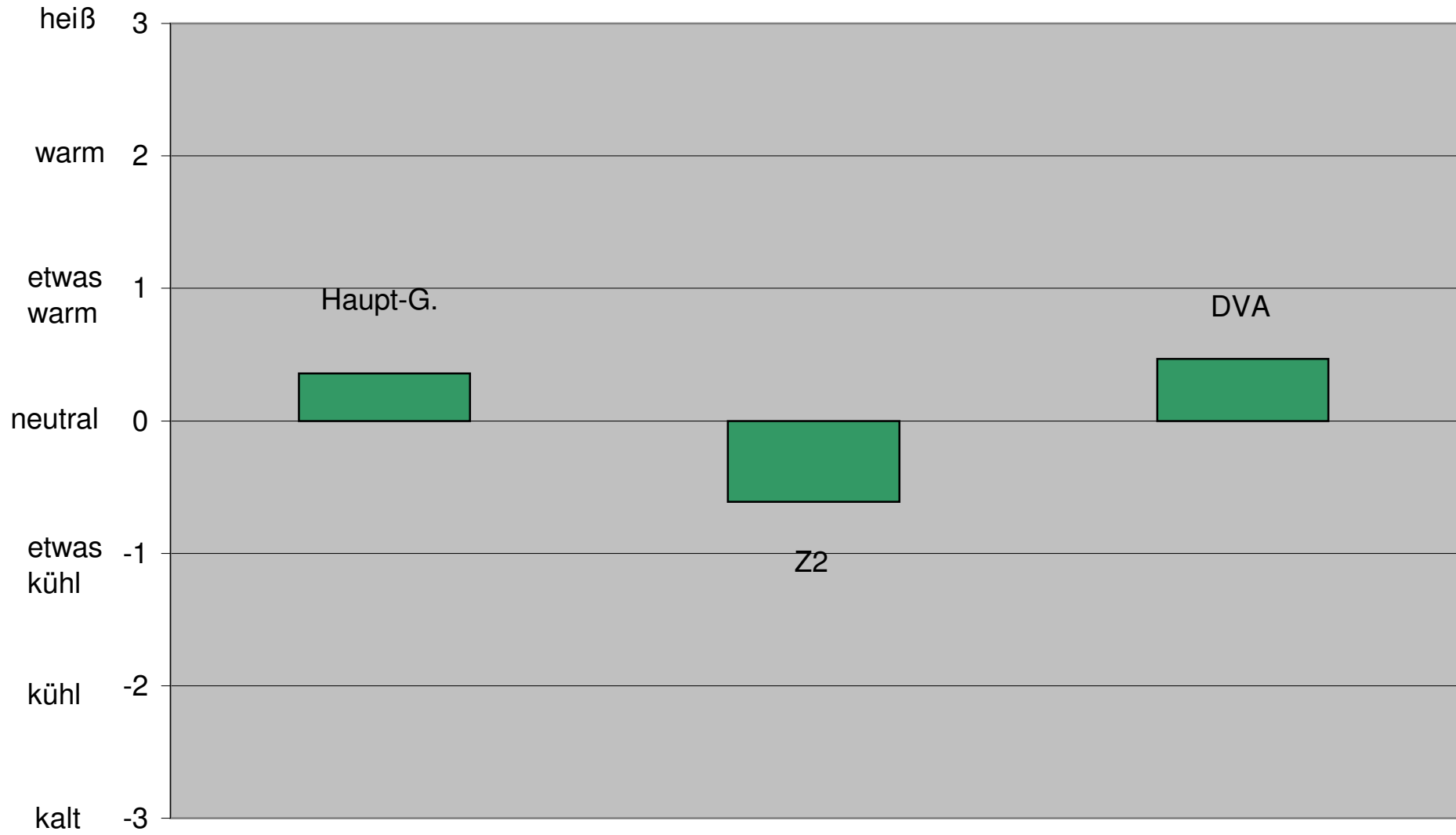
## Auswertung Nutzerbefragung Übergangszeit (Mittelwert)

|  |
|--|
|   |
| <p><b>T<sub>amb</sub> Haupt-Gebäude</b><br/>         morgens = 6,4°C<br/>         mittags = 8,9°C<br/>         nachmittags = 11,8°C</p> <p><b>T<sub>amb</sub> Z2-Gebäude</b><br/>         morgens = 17,7°C<br/>         mittags = 17,8°C<br/>         nachmittags = 18,0°C</p> <p><b>T<sub>amb</sub> DVA-Gebäude</b><br/>         morgens = 13,3°C<br/>         mittags = 14,1°C<br/>         nachmittags = 13,9°C</p> |

| heiß       |                  | feucht                  | sehr förderl. | sehr gut   |            |             |            |           |        |               | >5h   | stört mich nicht |         |              |               |        |                |                  |                   |                         |                            |                              |                                 |      |         |
|------------|------------------|-------------------------|---------------|------------|------------|-------------|------------|-----------|--------|---------------|-------|------------------|---------|--------------|---------------|--------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------|---------|
| Temperatur | Luftfeuchtigkeit | klimatische Bedingungen | Luftqualität  | Tageslicht | Kunstlicht | Blendschutz | Regulation | Raumklima | Gesamt | Zufriedenheit | Dauer | Fensterlüftung   | Luftzug | Geruch Möbel | Geruch Geräte | Geruch | Gebäudeinneren | Geruch von außen | Geräusche im Büro | Geräusche Flur (Tür zu) | Geräusche Flur (Tür offen) | Geräusche außen (Fenster zu) | Geräusche außen (Fenster offen) |      |         |
|            |                  |                         |               |            |            |             |            |           |        |               |       |                  |         |              |               |        |                |                  |                   |                         |                            |                              |                                 | kalt | trocken |
|            |                  |                         |               |            |            |             |            |           |        |               |       |                  |         |              |               |        |                |                  |                   |                         |                            |                              |                                 |      |         |
|            |                  |                         |               |            |            |             |            |           |        |               |       |                  |         |              |               |        |                |                  |                   |                         |                            |                              |                                 |      |         |
|            |                  |                         |               |            |            |             |            |           |        |               |       |                  |         |              |               |        |                |                  |                   |                         |                            |                              |                                 |      |         |



### Die Raumtemperatur empfinde ich im Moment als:

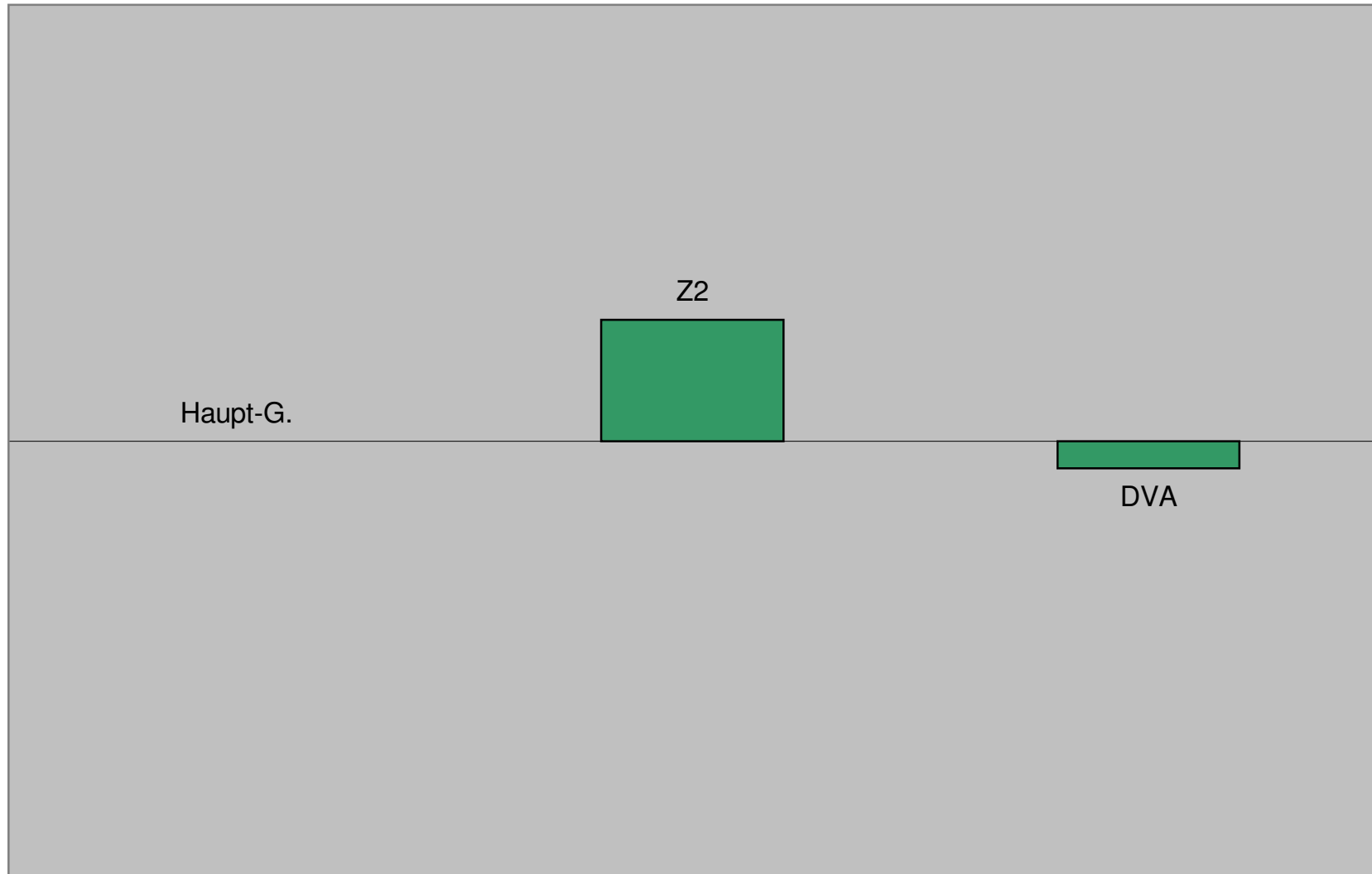


## Die Raumtemperatur möchte ich lieber:

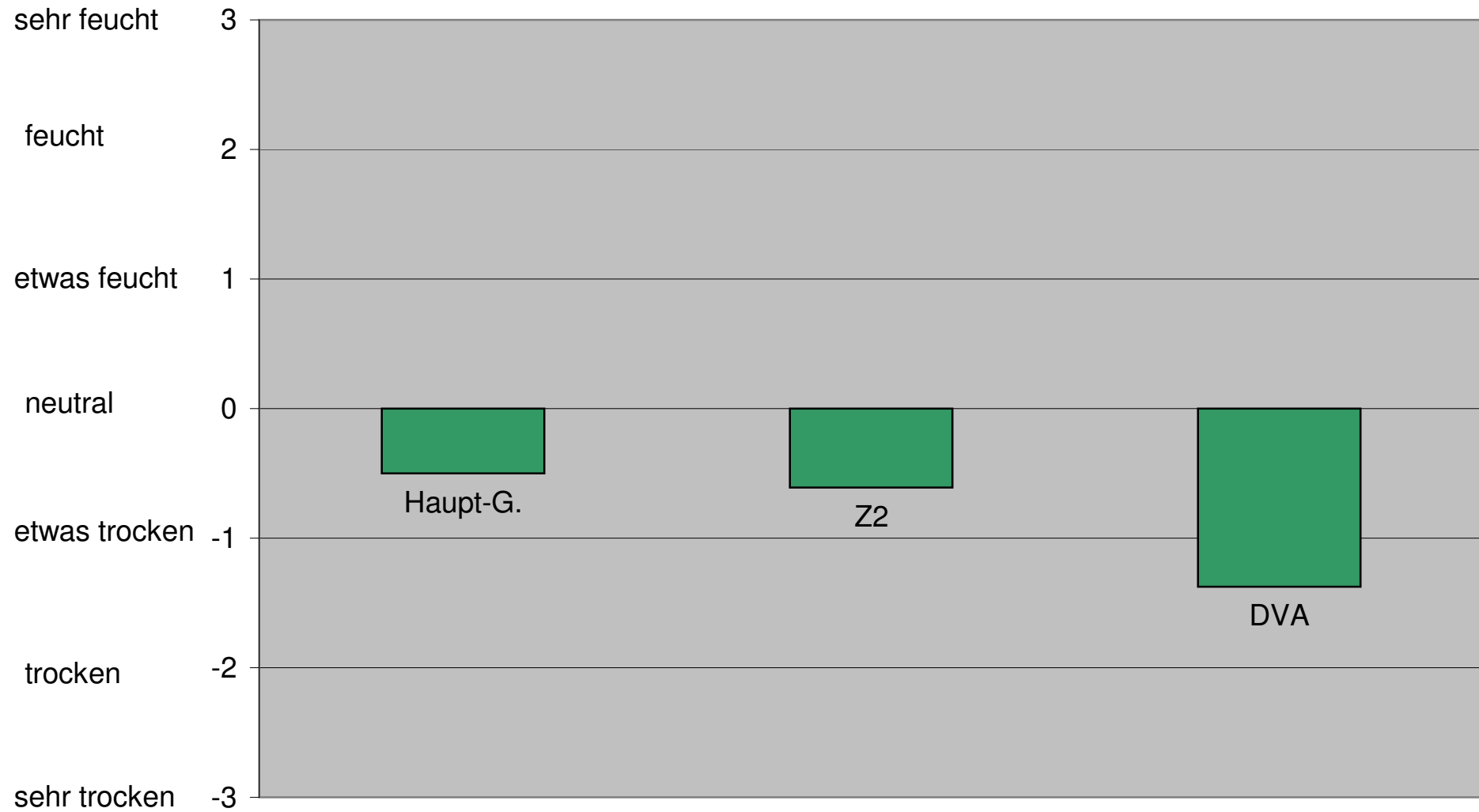
wärmer

weder/noch

kühler



### Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment als:

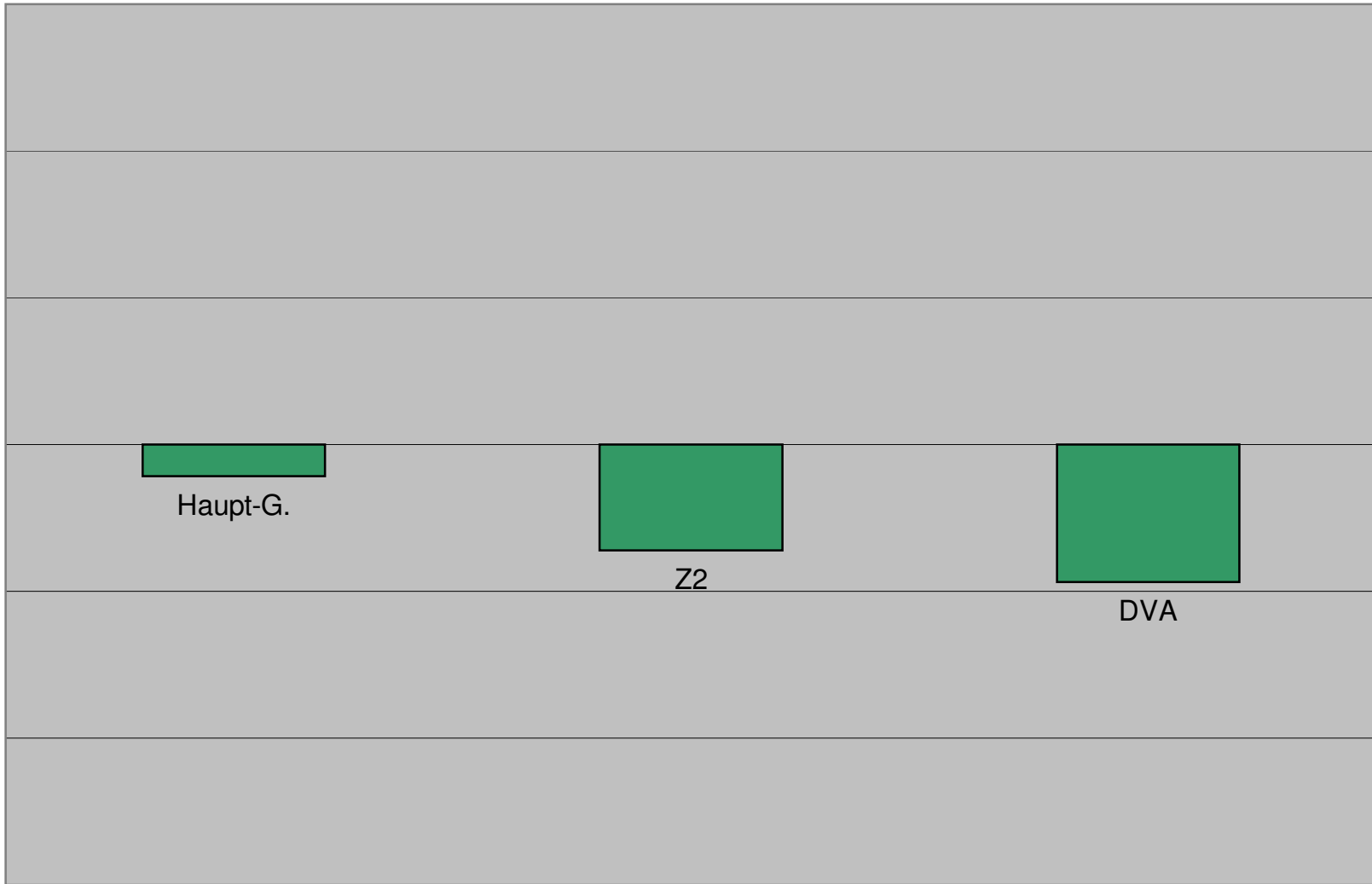


## Die klimatischen Bedingungen am Arbeitsplatz sind für die Arbeitseffektivität:

sehr förderlich

neutral

sehr hinderlich

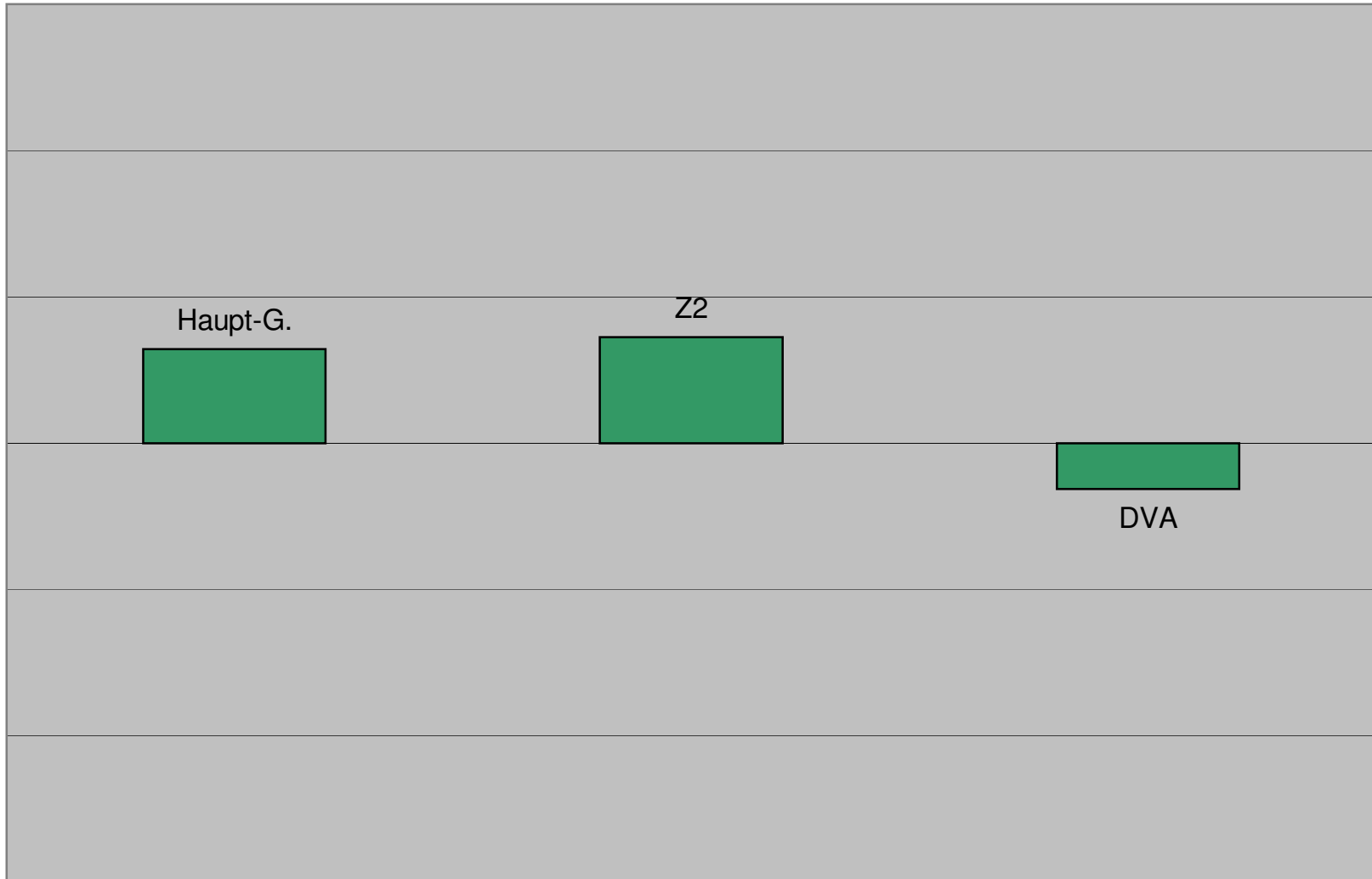


## Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:

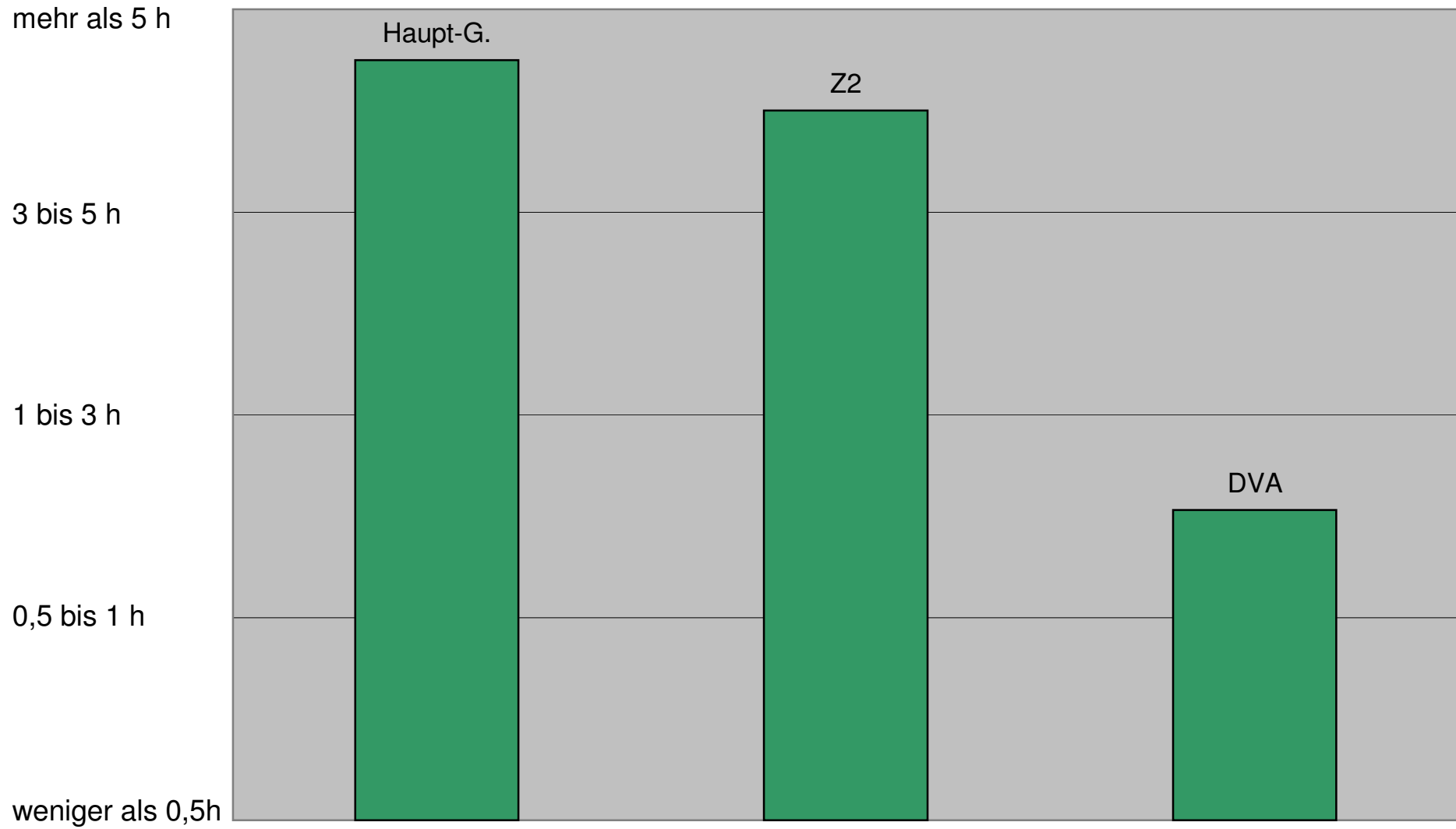
sehr gut

neutral

sehr schlecht



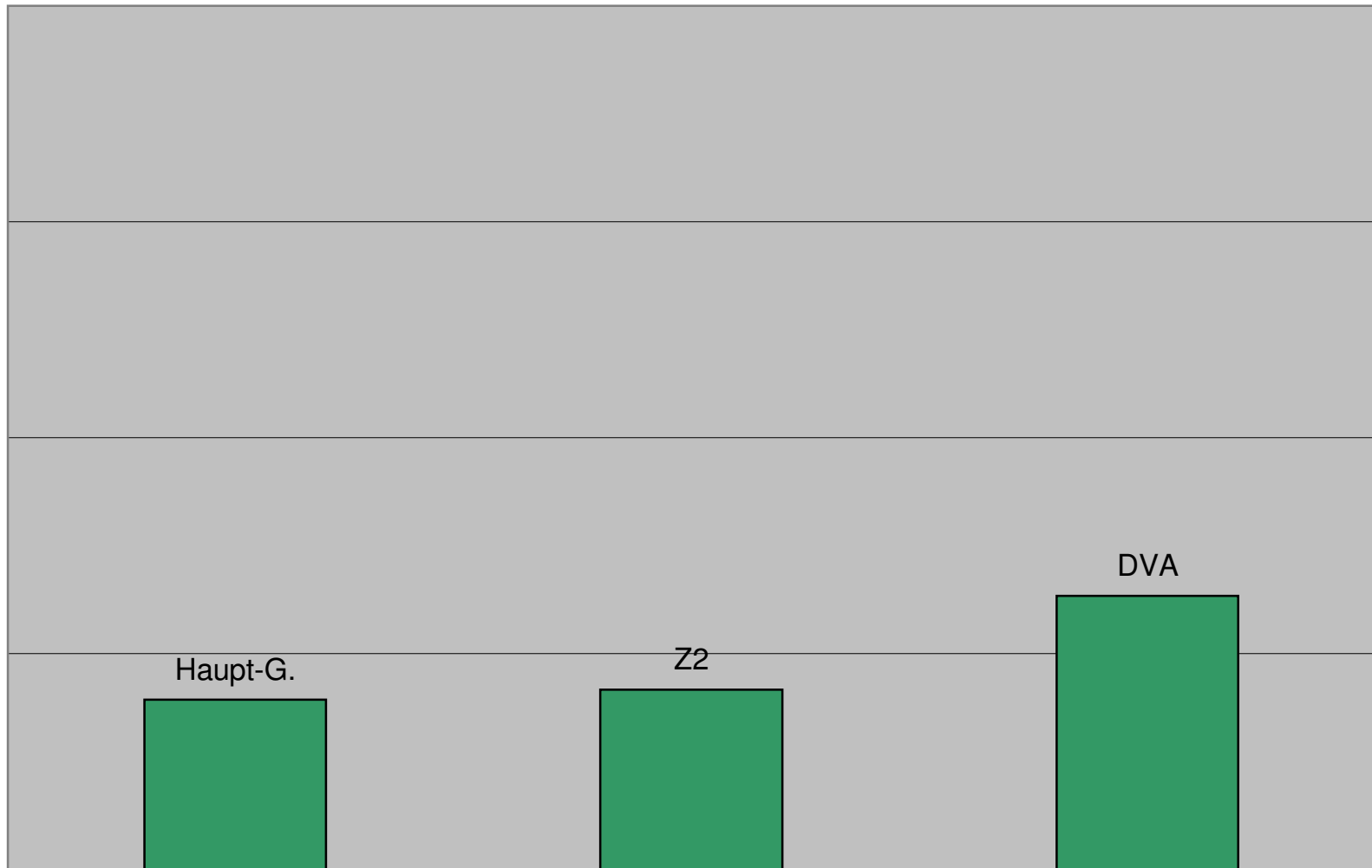
### Ich öffne das Fenster ca. Stunden am Tag:



## Störende Gerüche von Bodenbelag / Möbeln empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

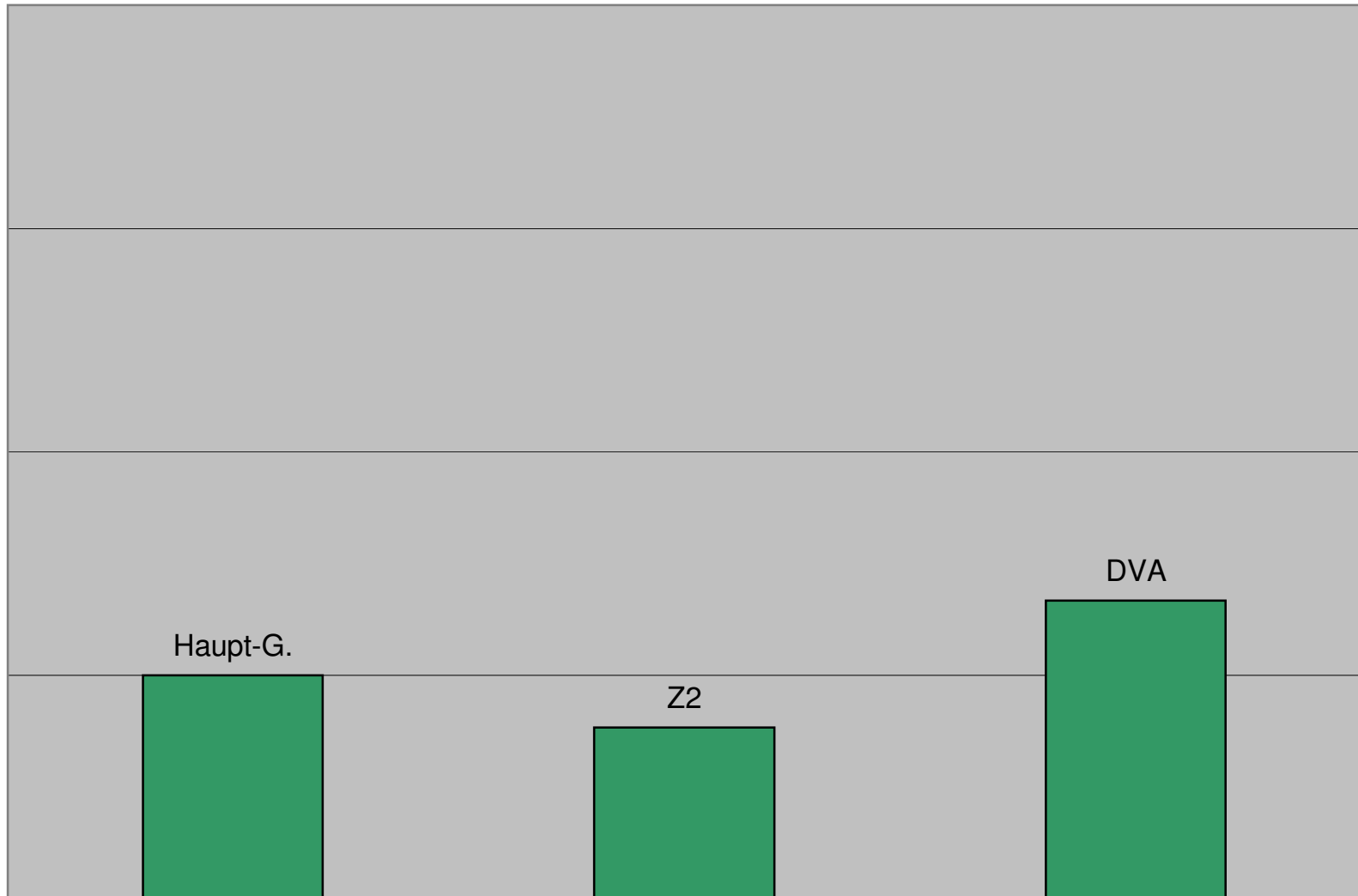
überhaupt nicht



## Störende Gerüche von technische Geräten empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

überhaupt nicht

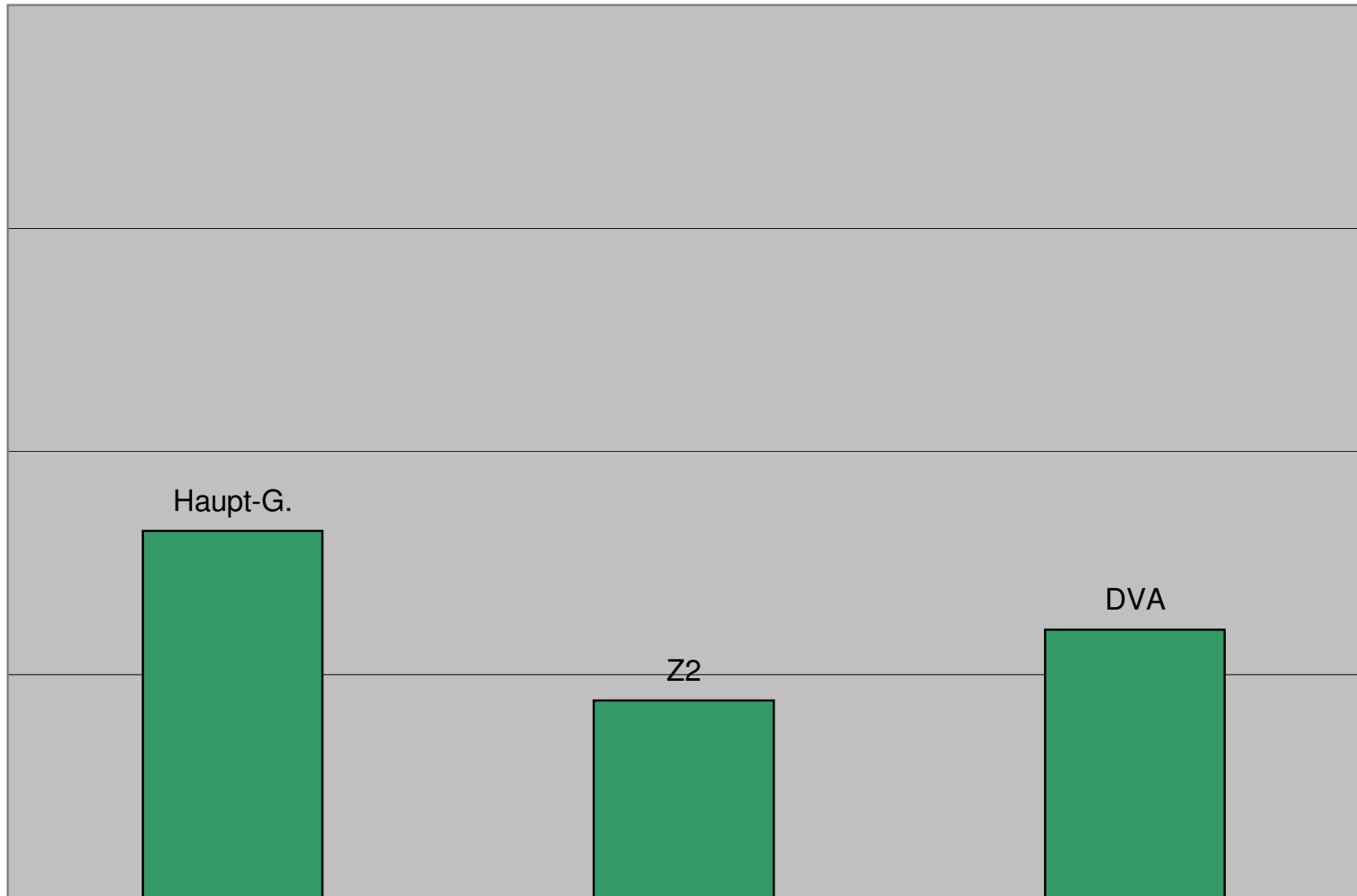




## Störende Gerüche vom Gebäudeinneren empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

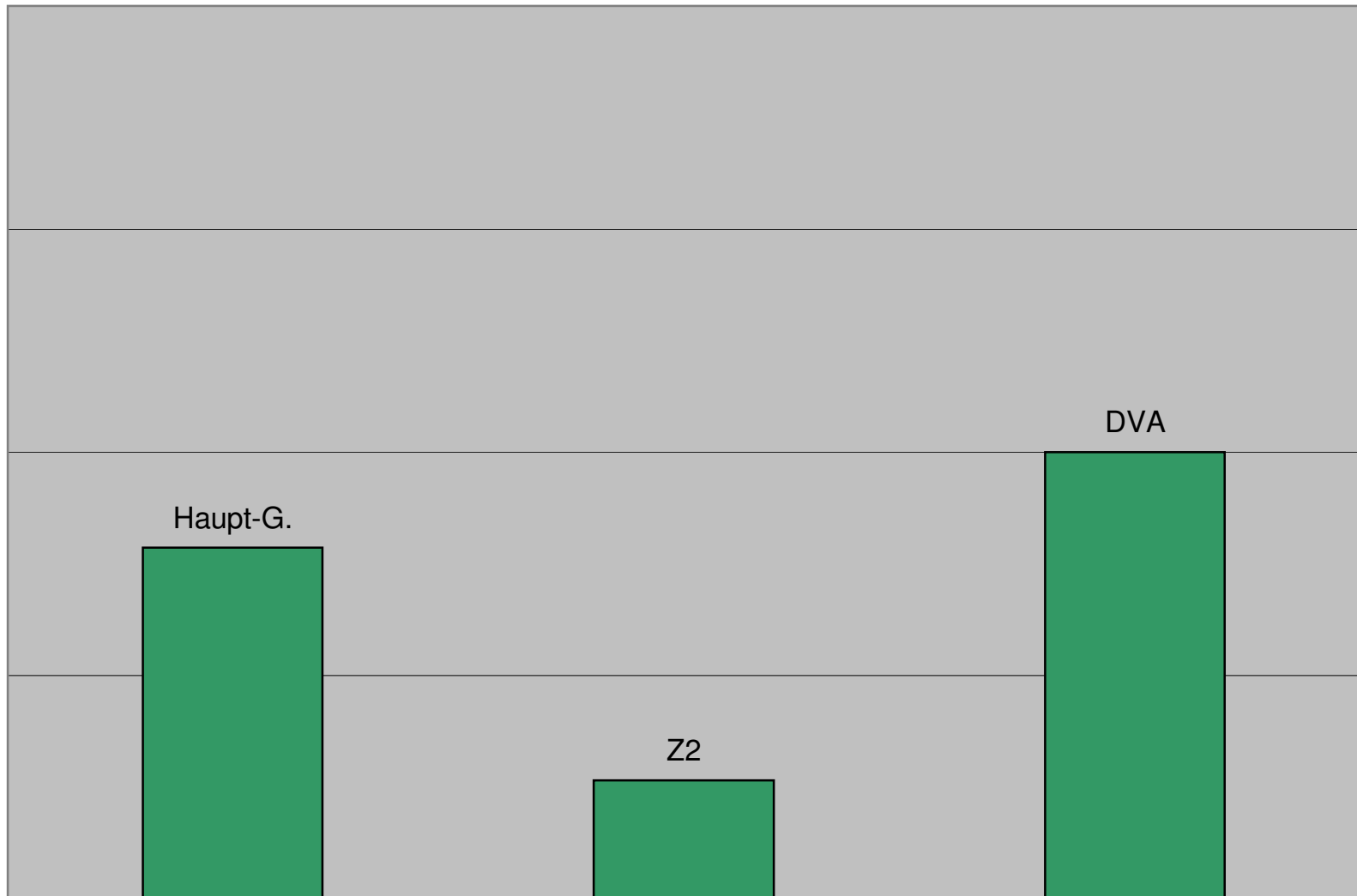
überhaupt nicht



## Störende Gerüche von Außen empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

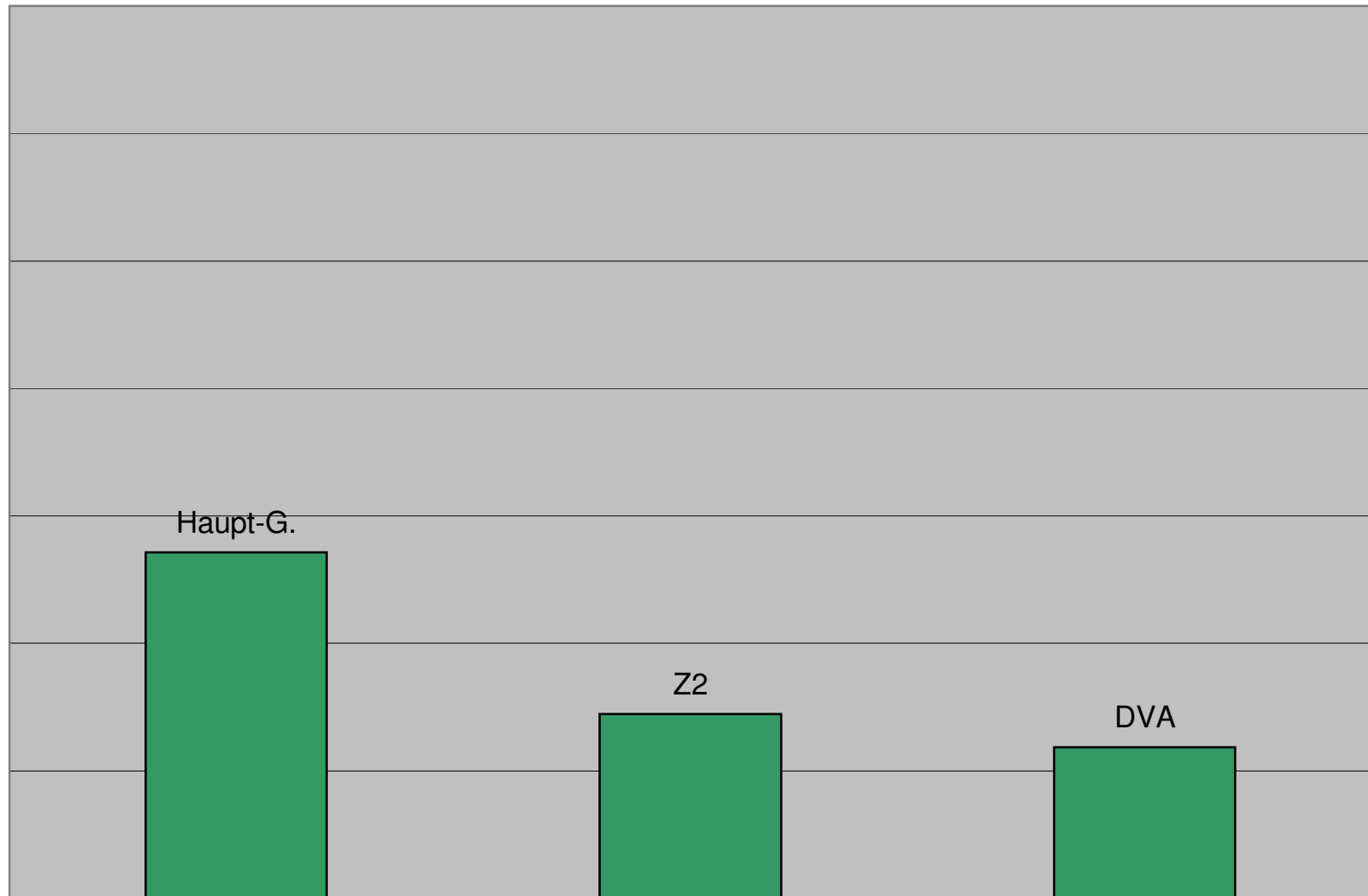
überhaupt



## An meinem Arbeitsplatz verspüre ich einen Luftzug:

stört mich

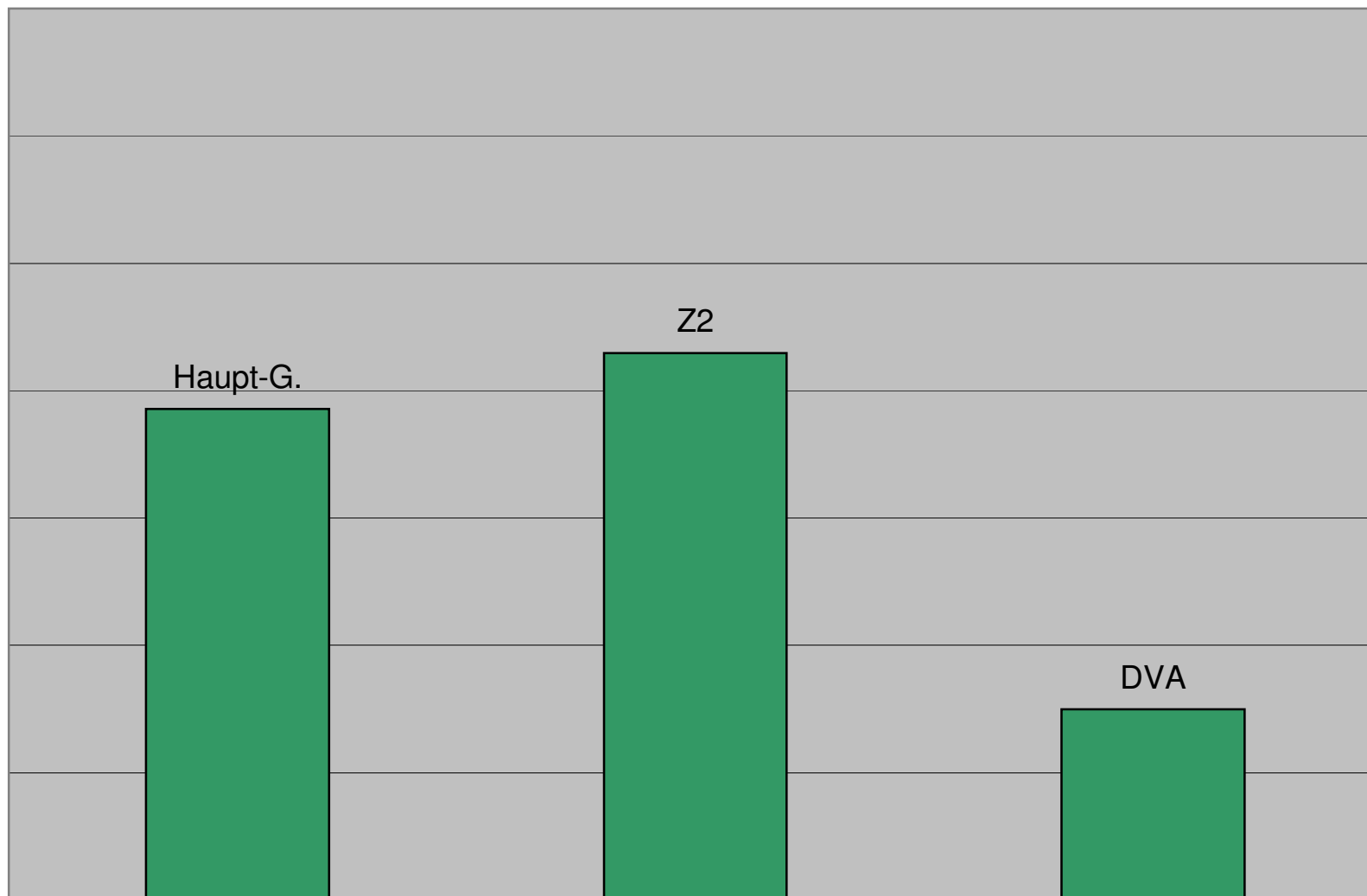
Nein /  
stört mich



## Telefonate/Gespräche im eigenen Raum stören:

stört mich

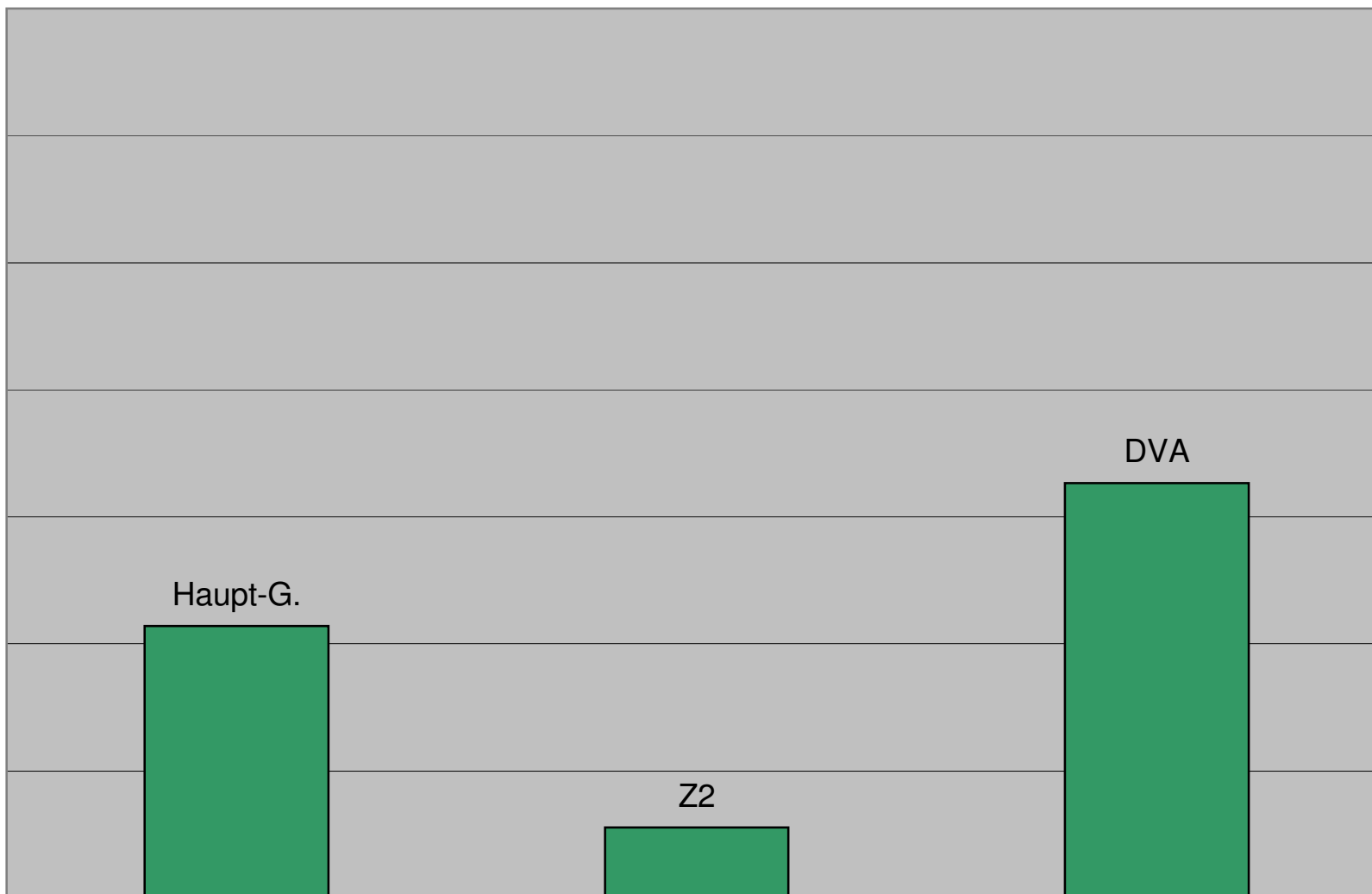
Nein /  
stört mich nicht



## Geräusche von benachbarten Büroräumen/Flur stören (Tür zu):

stört mich

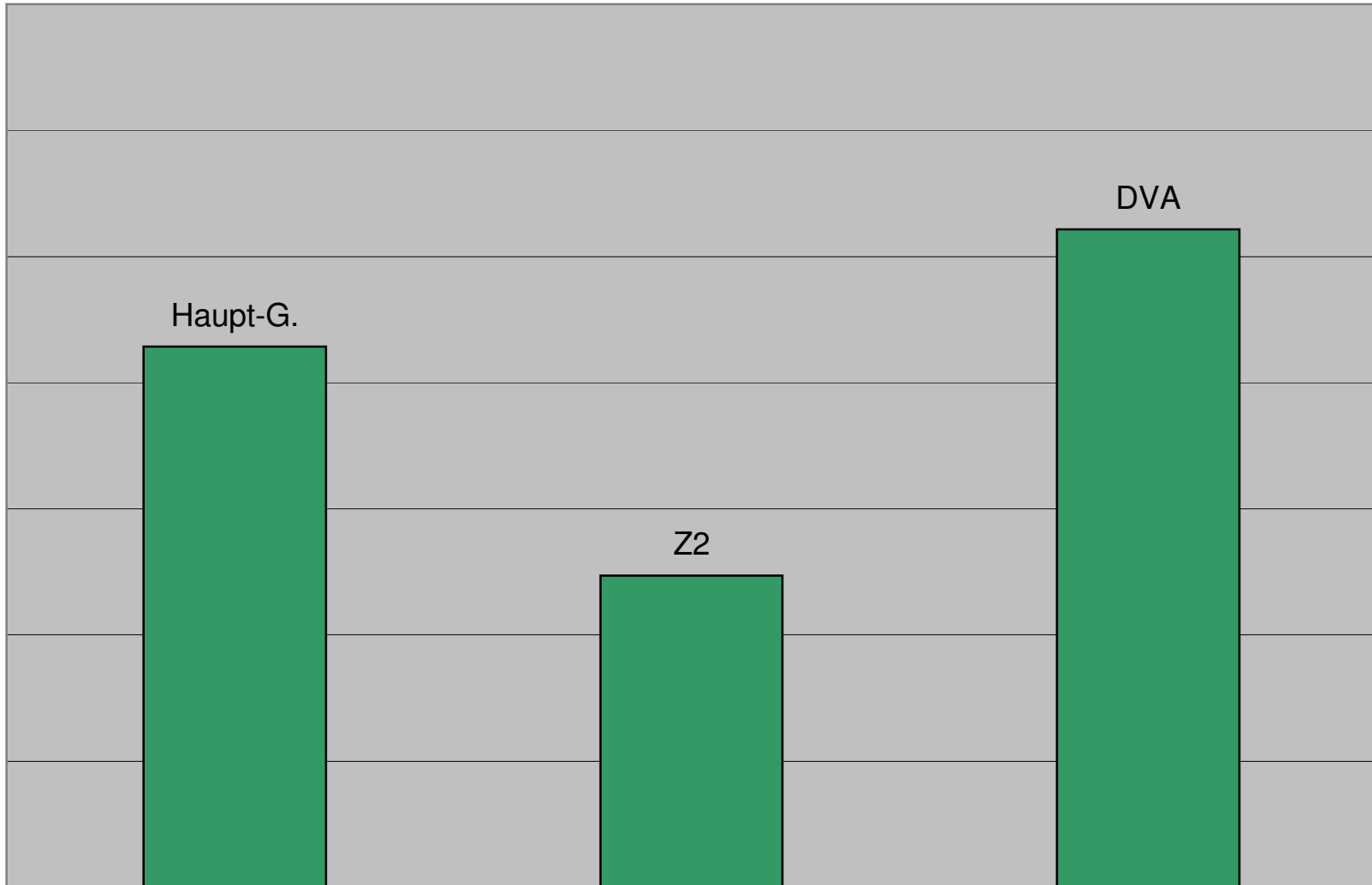
Nein /  
stört mich nicht



### Geräusche von benachbarten Büroräumen/Flur stören (Tür offen):

stört mich

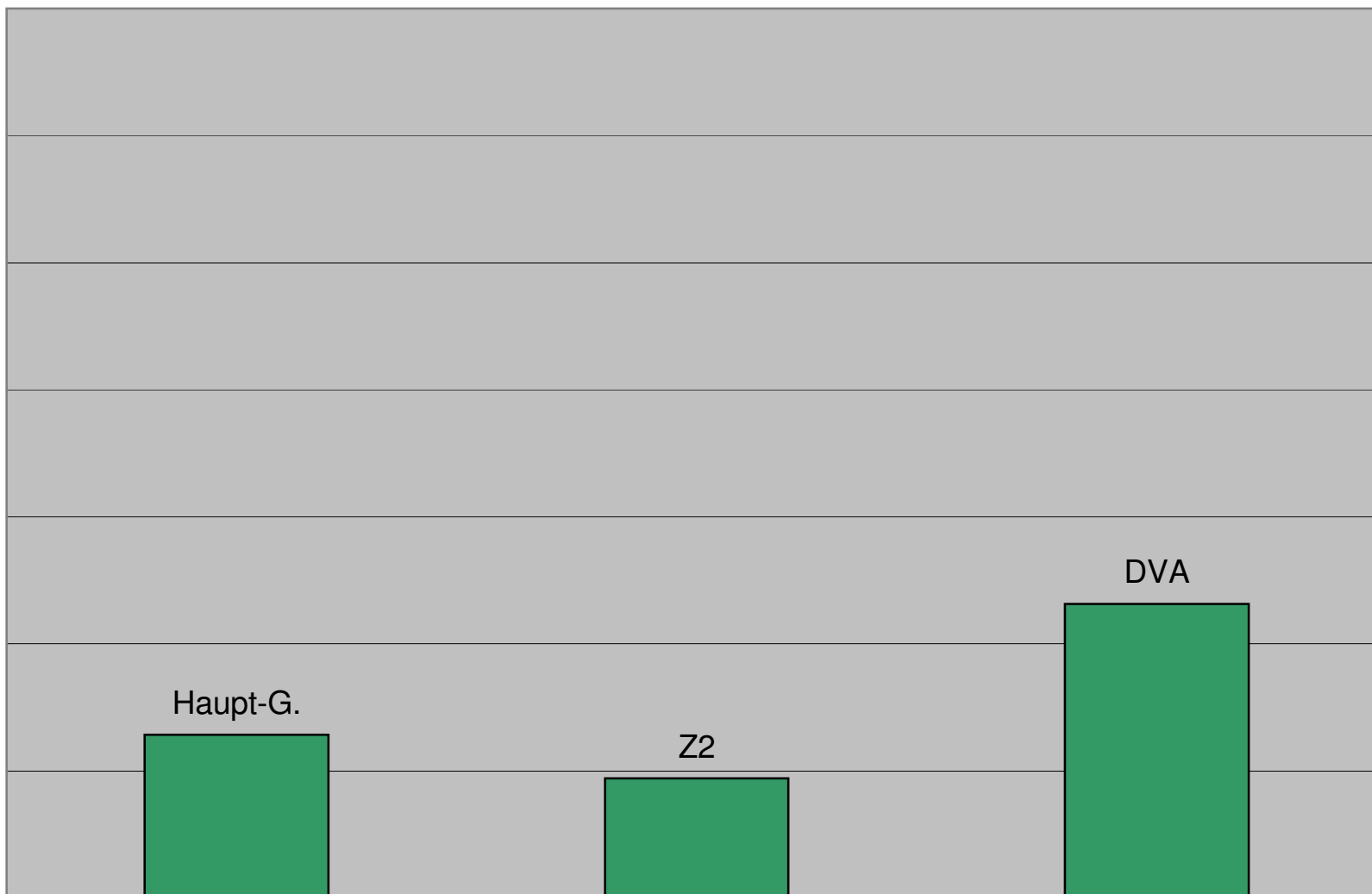
Nein /  
stört mich nicht



### Geräusche von außerhalb des Gebäudes stören (Fenster zu):

stört mich

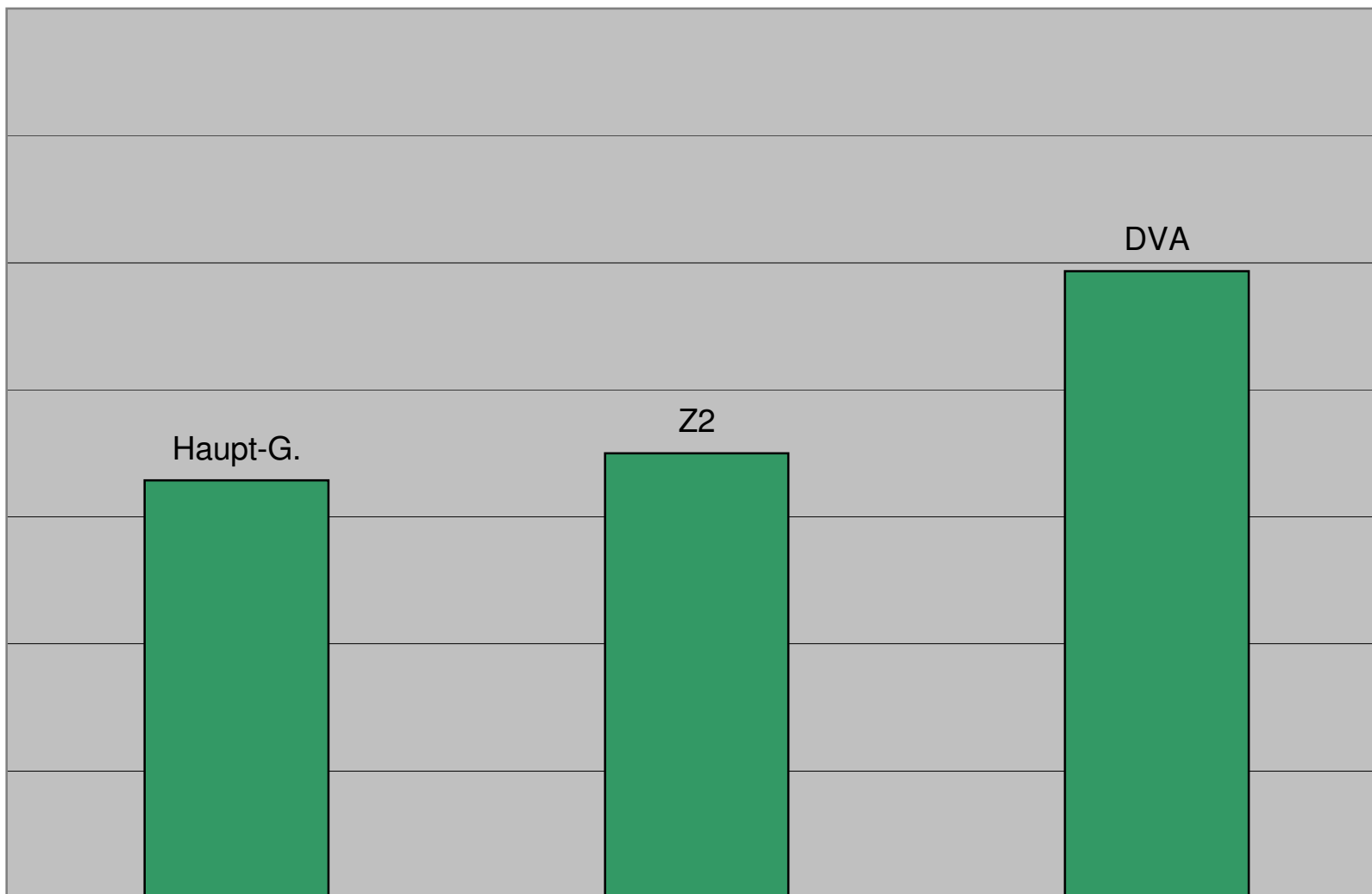
Nein /  
stört mich nicht



### Geräusche von außerhalb des Gebäudes stören (Fenster zu):

stört mich

Nein /  
stört mich nicht



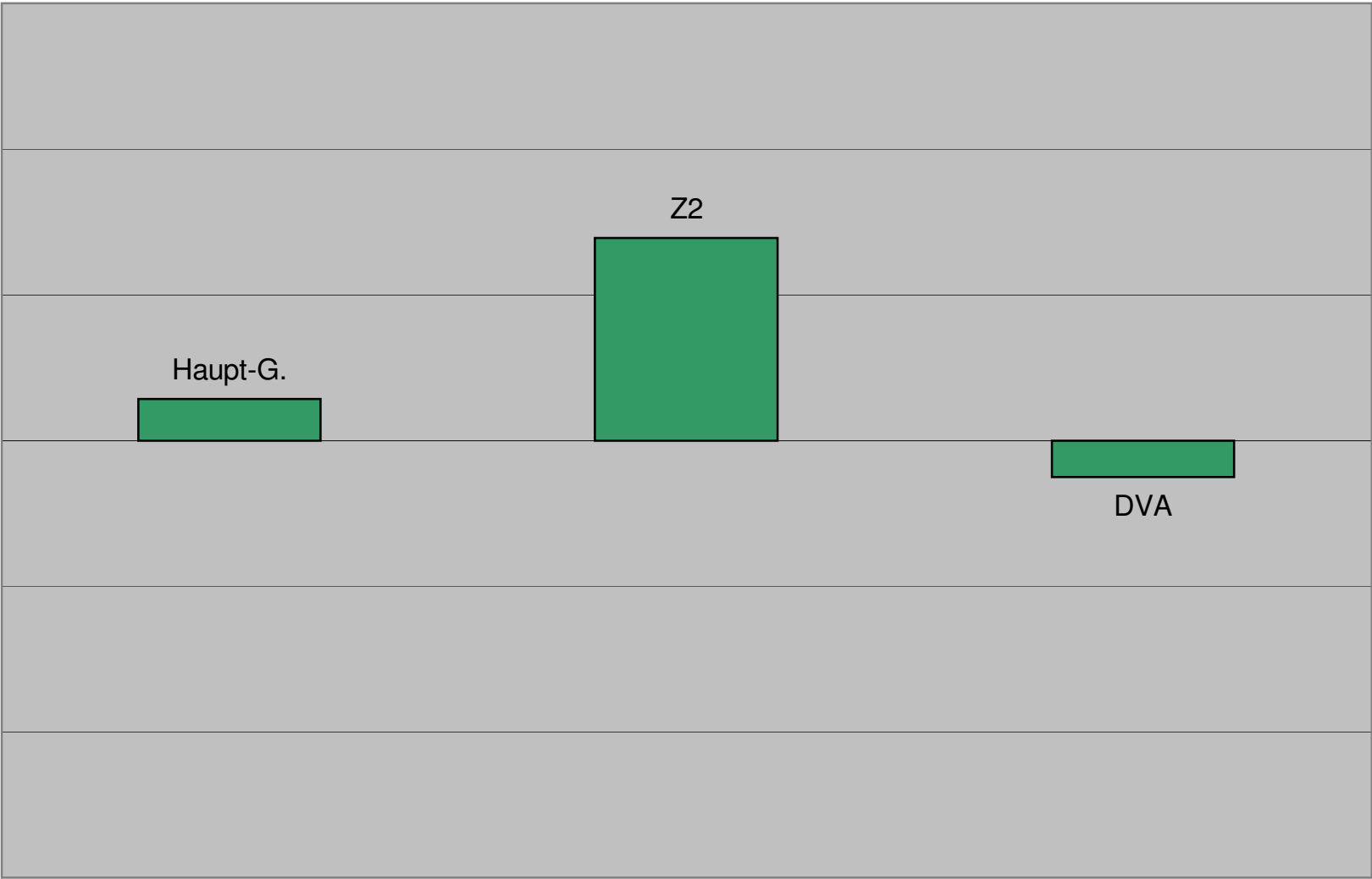


Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Tageslicht:

sehr gut

neutral

sehr schlecht

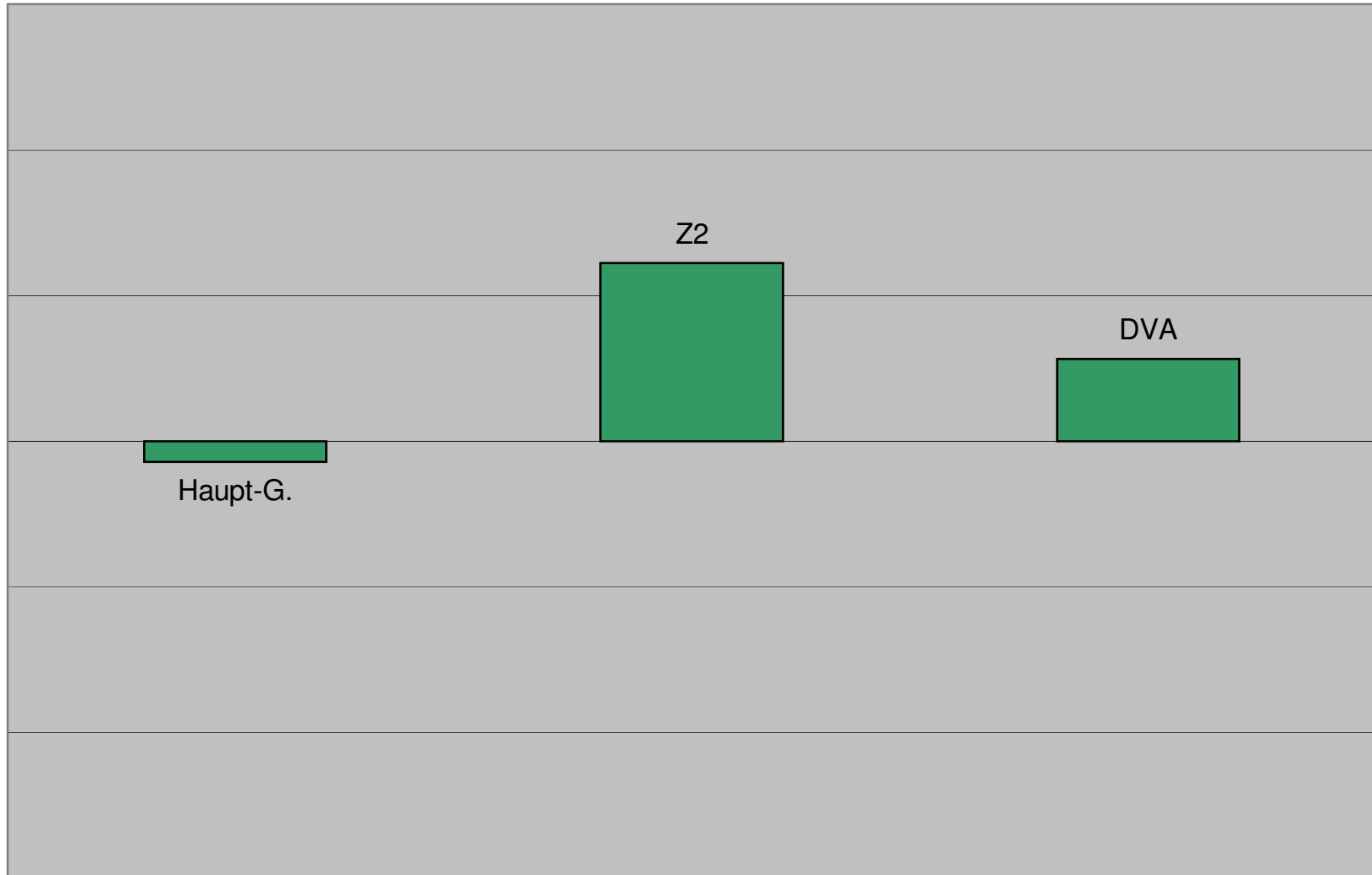


## Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Kunstlicht:

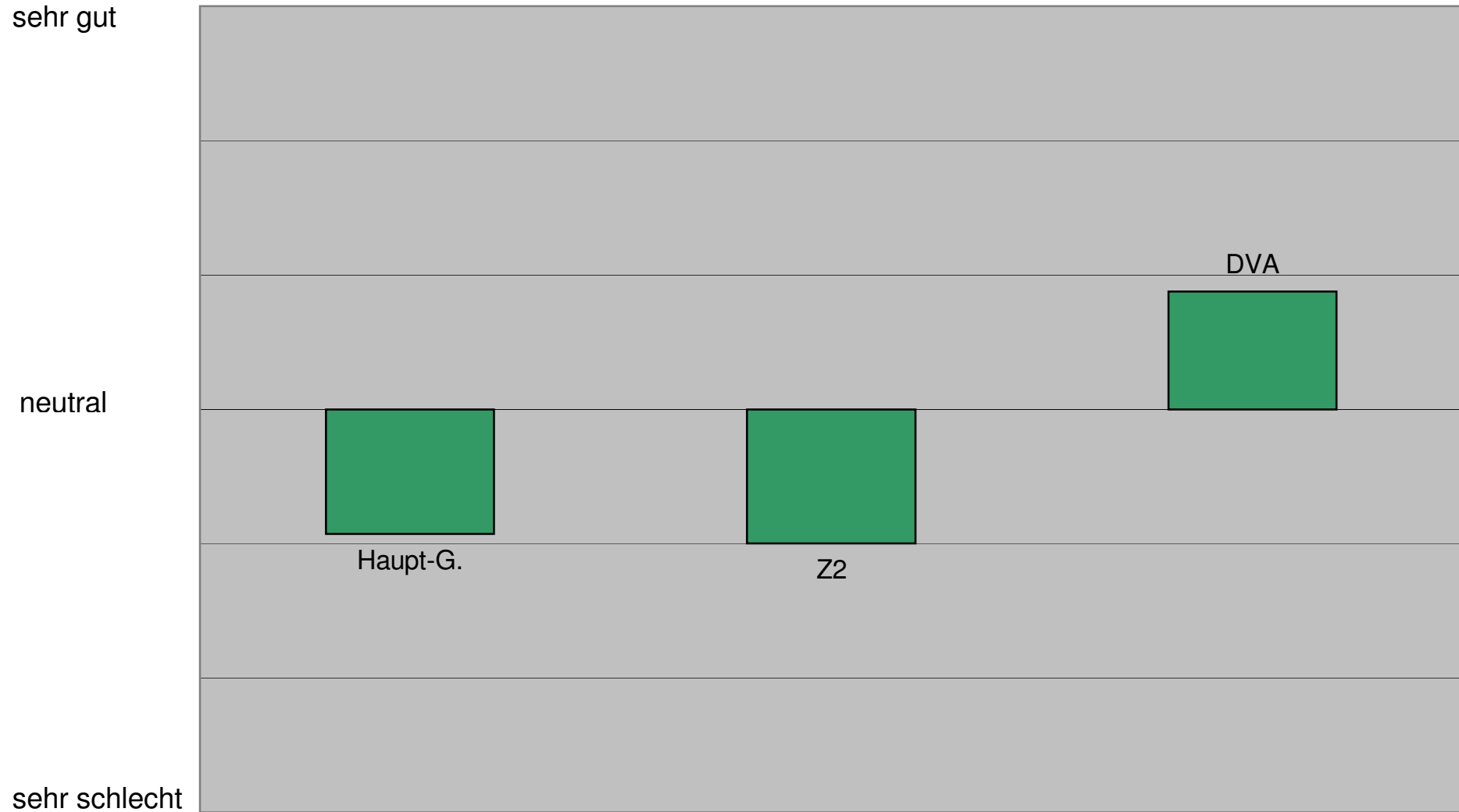
sehr gut

neutral

sehr schlecht



### Wie beurteilen Sie den Sonnen- und Blendschutz in Ihrem Büro:

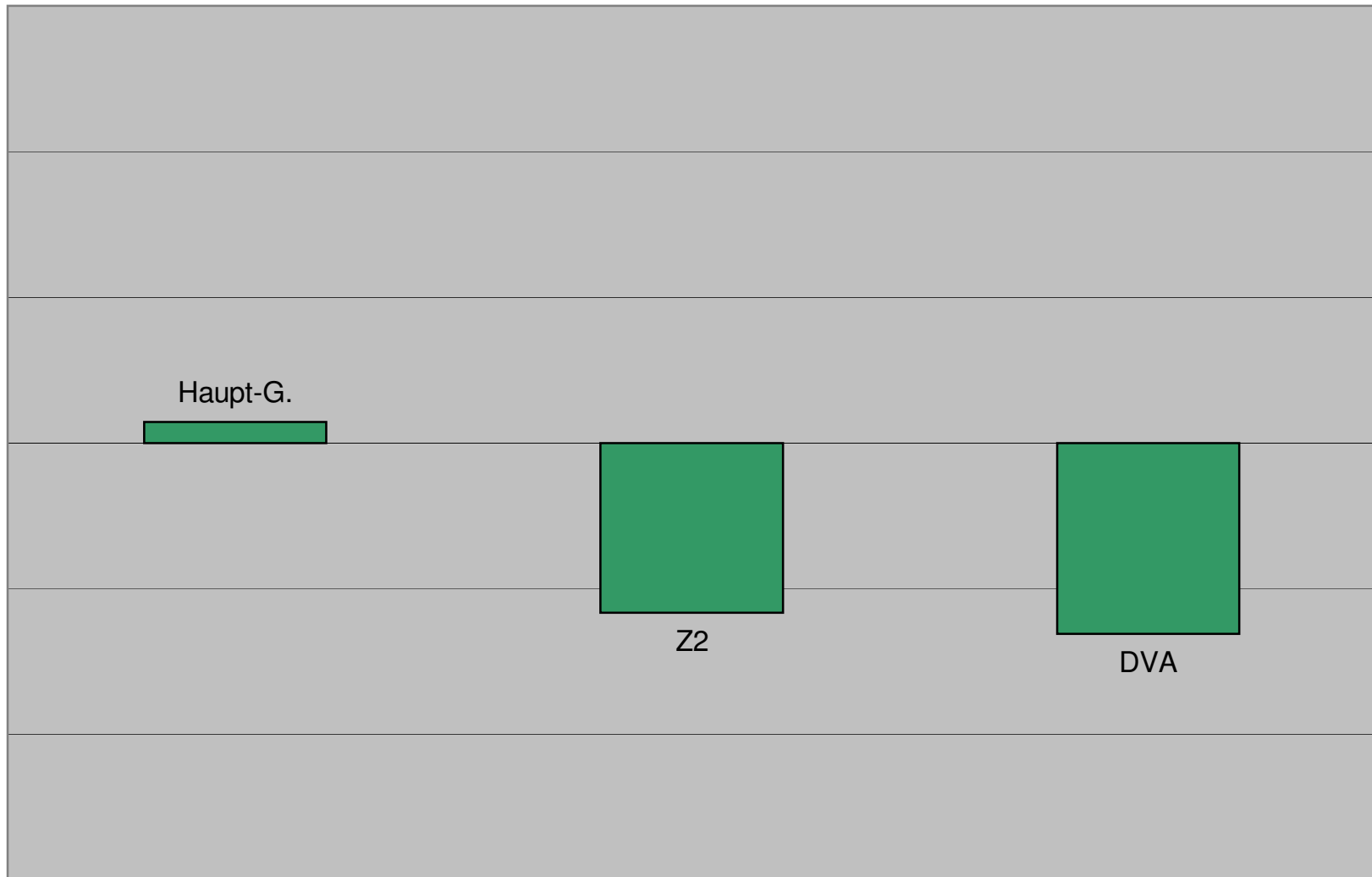


## Die Möglichkeit Einfluss auf das Raumklima zu nehmen finde ich:

sehr gut

neutral

sehr schlecht

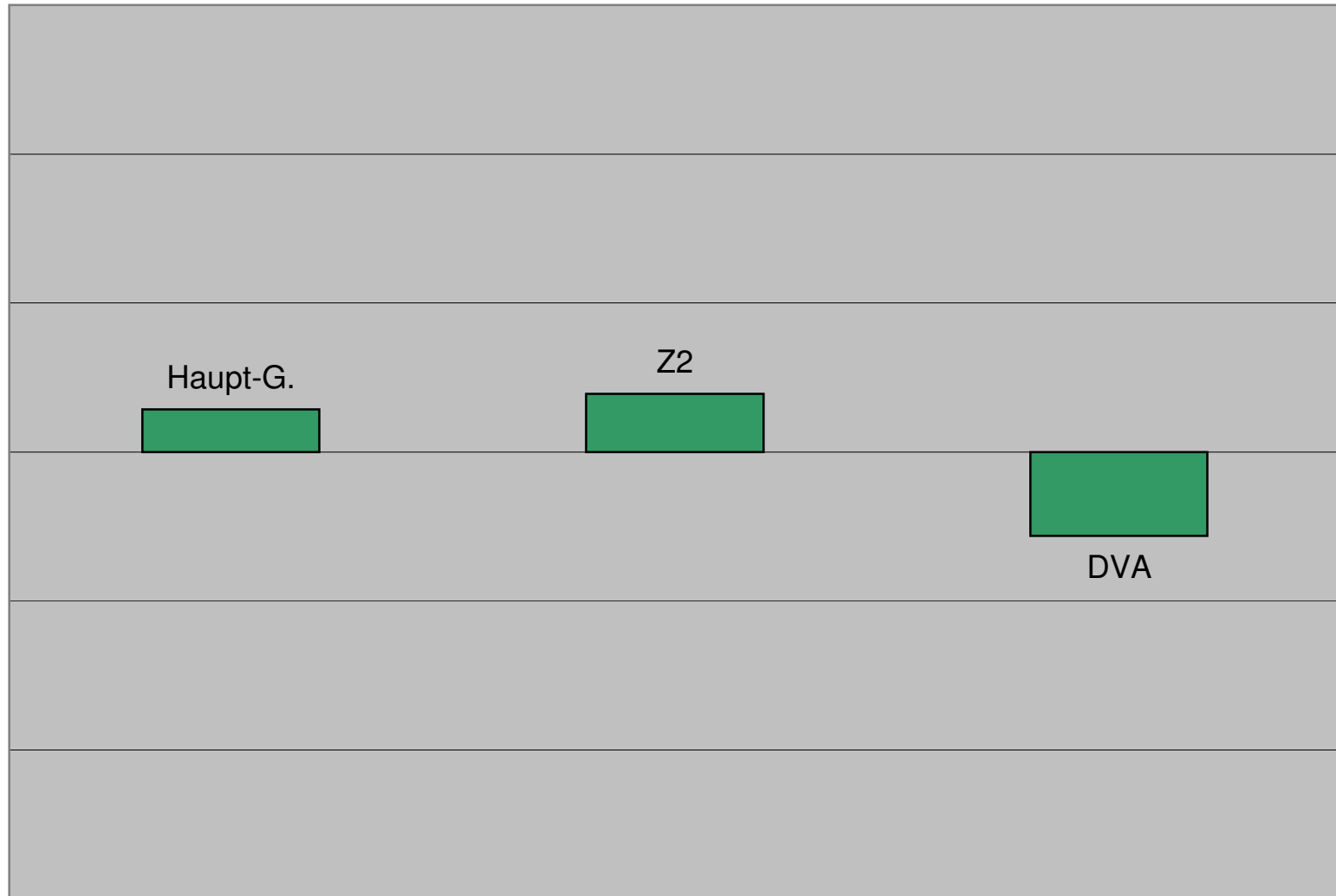


### Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:

sehr angenehm

neutral

sehr unangenehm



## Auswertung Nutzerbefragung Winter (Mittelwert)

|  |
|--|
|  |
| <p><b>T<sub>amb</sub> Haupt-Gebäude</b><br/> morgens = -5,8°C<br/> mittags = 2,7°C<br/> nachmittags = 3,7°C</p> <p><b>T<sub>amb</sub> Z2-Gebäude</b><br/> morgens = -9,4°C<br/> mittags = -2,5°C<br/> nachmittags = -0,5°C</p> <p><b>T<sub>amb</sub> DVA-Gebäude</b><br/> morgens = -5°C<br/> mittags = -3,3°C<br/> nachmittags = -0,5°C</p> |

|                   |                         | heiß        | feucht         | sehr förderl.        | sehr gut      |  |  |  |  |  |  |  | >5h             | stört mich nicht |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------------|-------------------------|-------------|----------------|----------------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|-----------------|------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| <b>Temperatur</b> | <b>Luftfeuchtigkeit</b> | <b>kalt</b> | <b>trocken</b> | <b>sehr hinderl.</b> | sehr schlecht |  |  |  |  |  |  |  | <b>&lt;0,5h</b> | stört mich sehr  |  |  |  |  |  |  |  |
|                   |                         |             |                |                      |               |  |  |  |  |  |  |  |                 |                  |  |  |  |  |  |  |  |

### Die Raumtemperatur empfinde ich im Moment als:



## Die Raumtemperatur möchte ich lieber:

wärmer

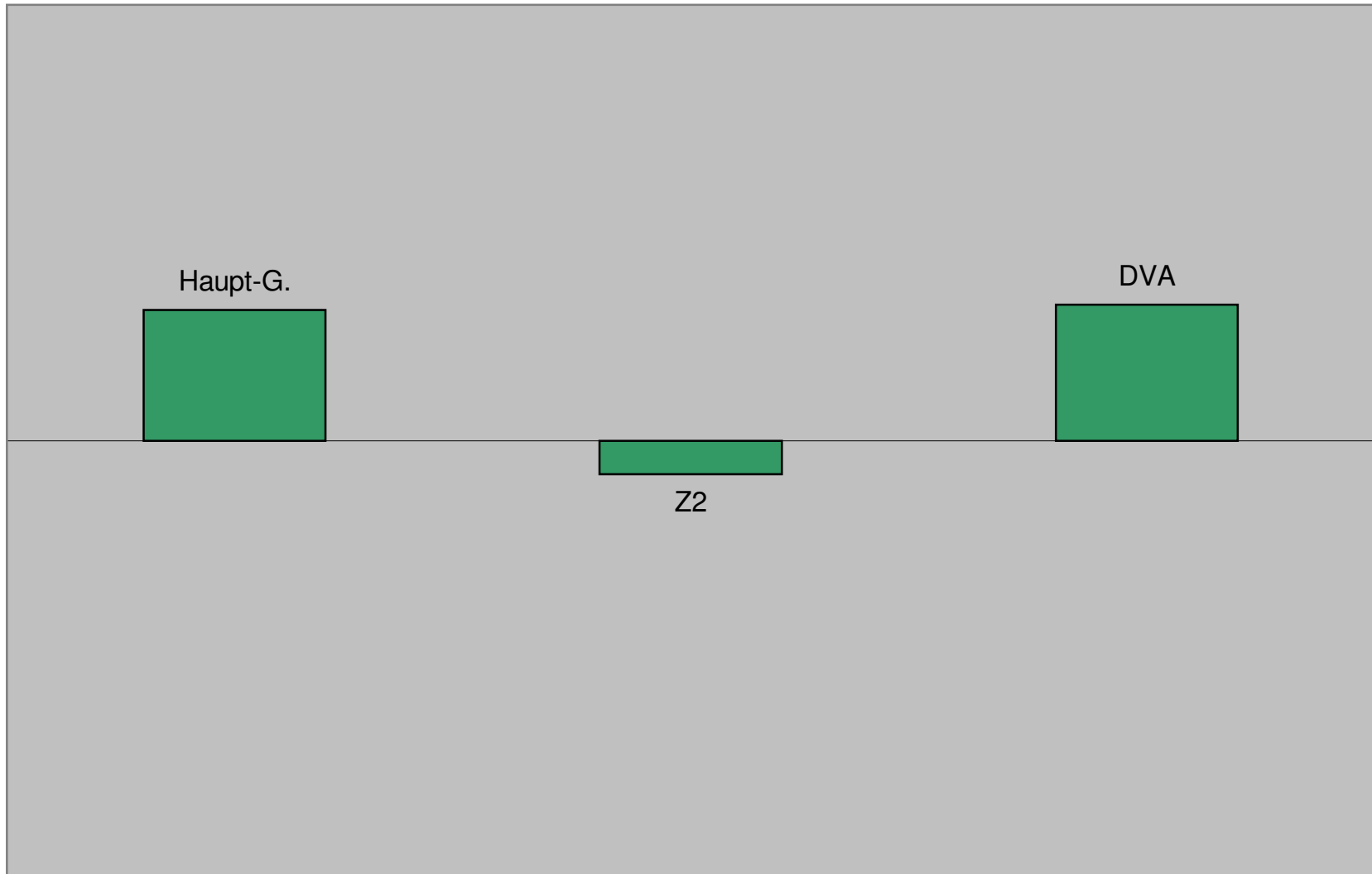
Haupt-G.

DVA

weder/noch

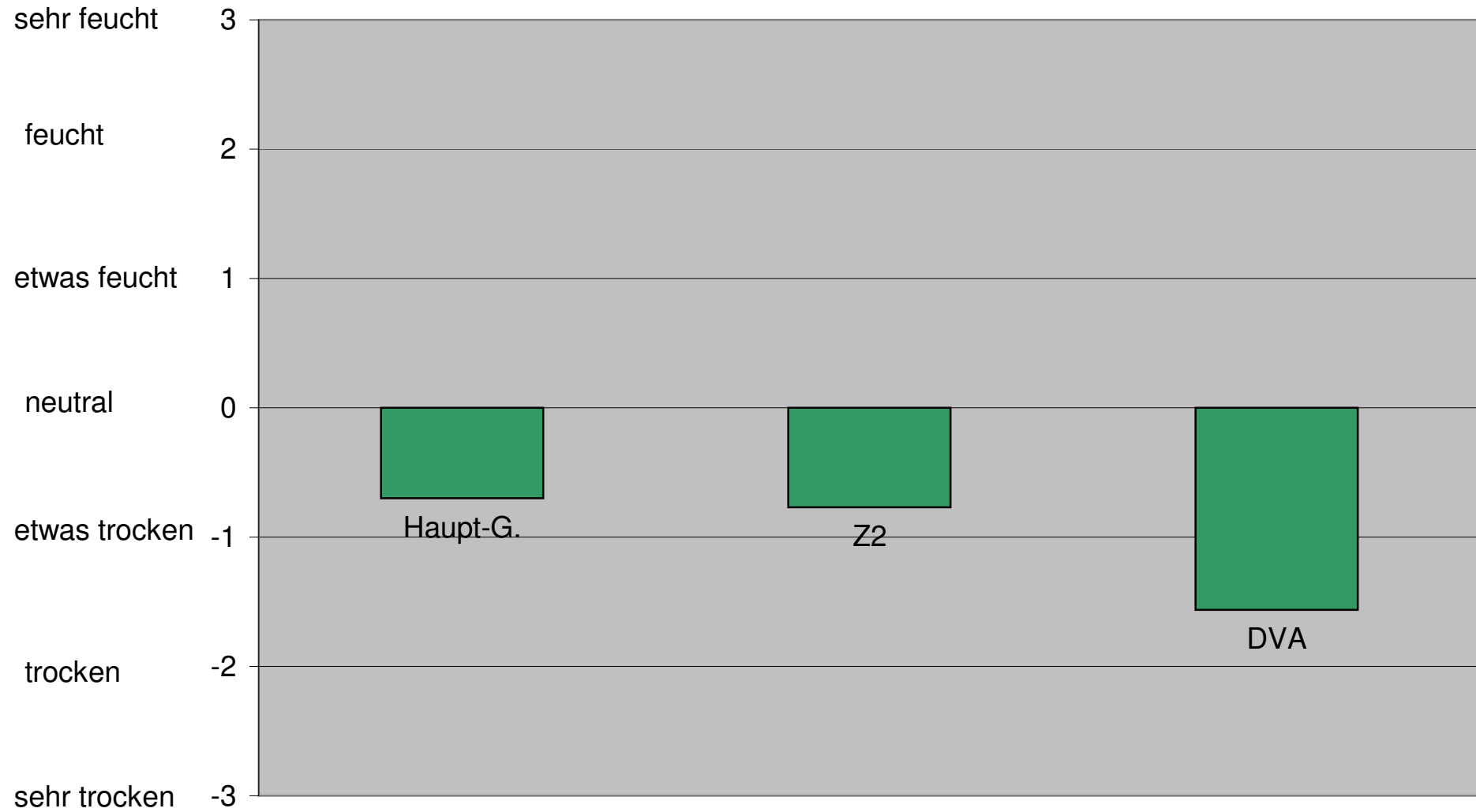
Z2

kühler





### Die Luftfeuchtigkeit empfinde ich im Moment als:

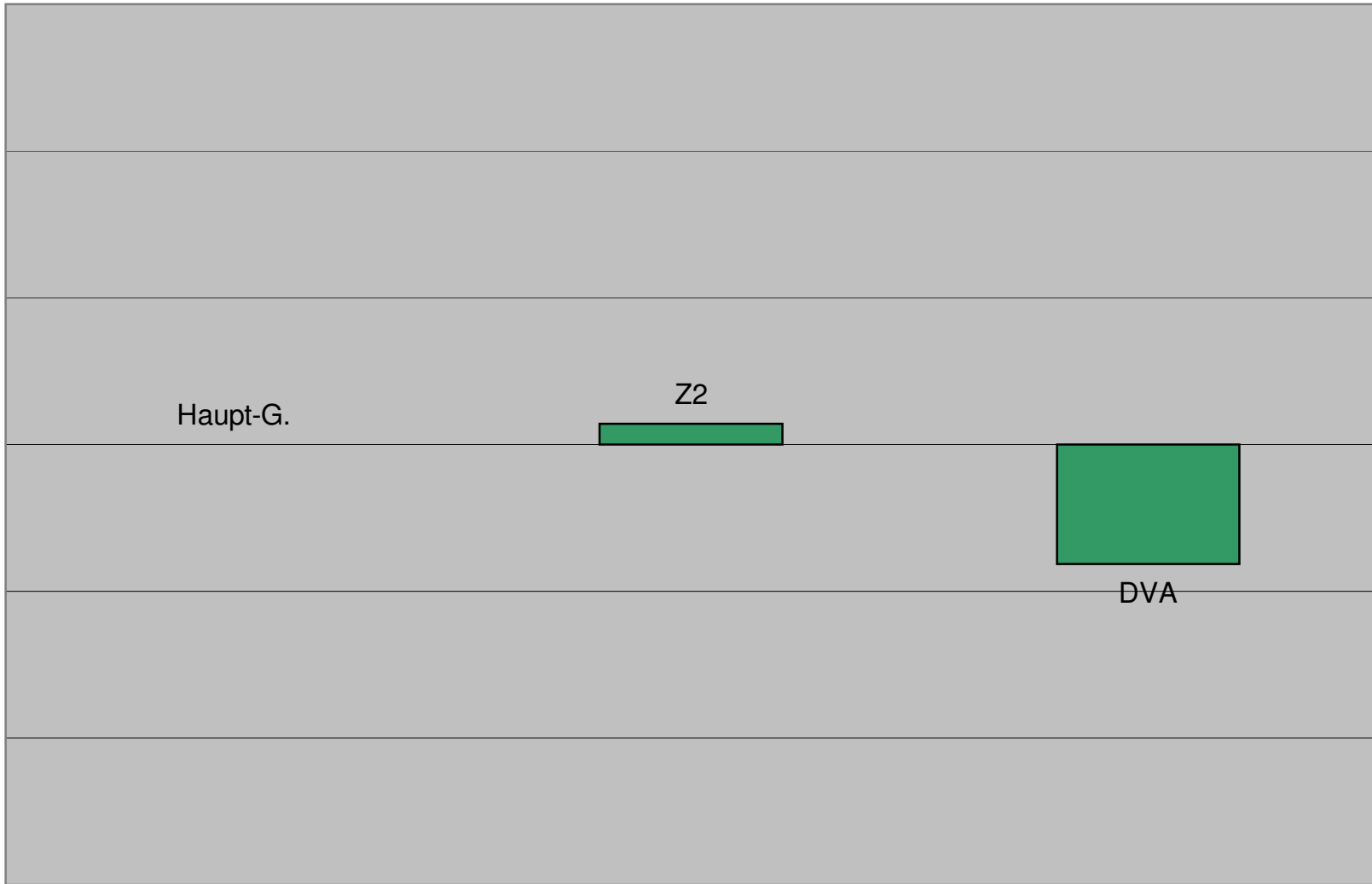


## Die klimatischen Bedingungen am Arbeitsplatz sind für die Arbeitseffektivität:

sehr förderlich

neutral

sehr hinderlich

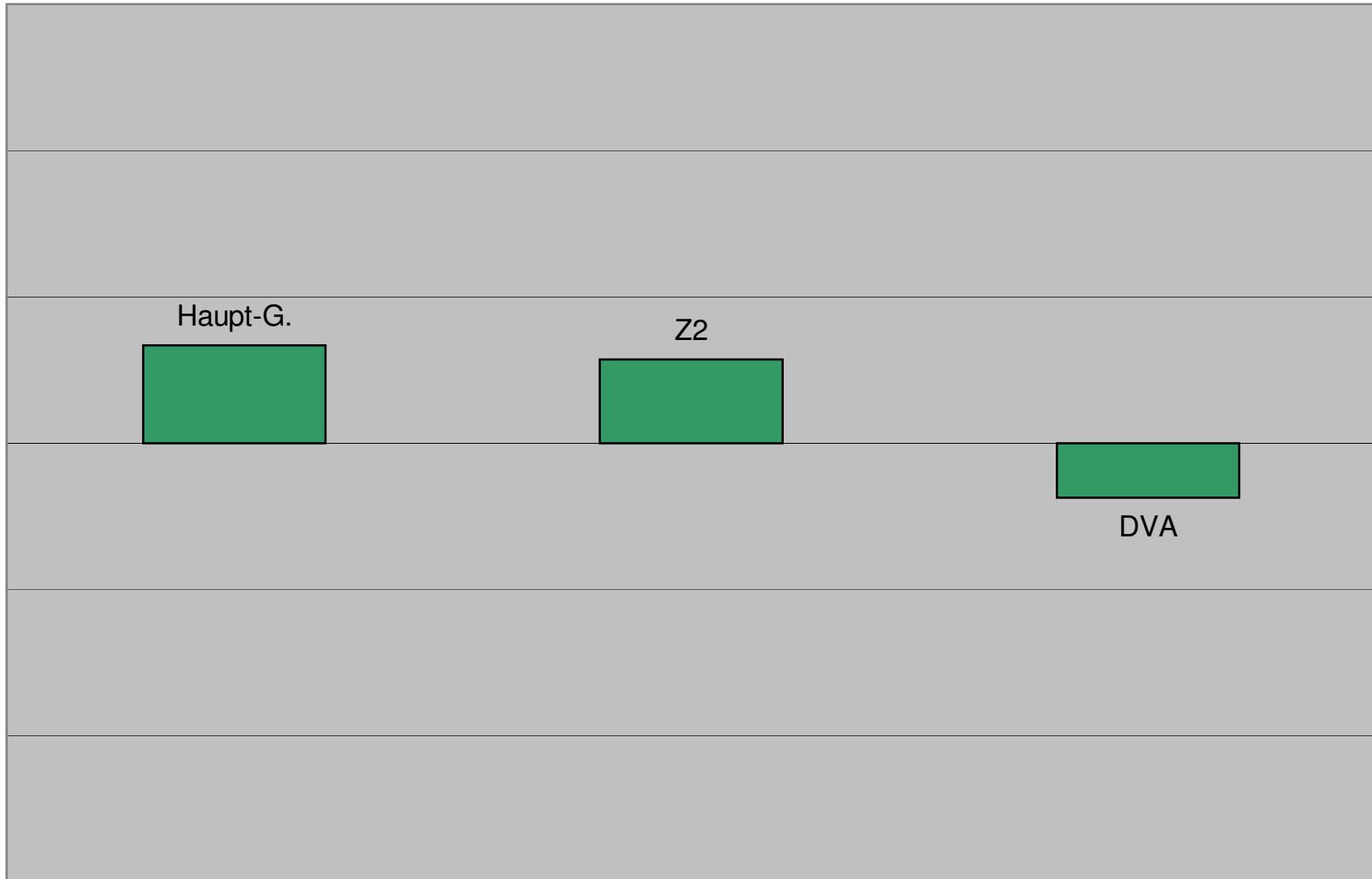


## Die Qualität der Luft im Raum empfinde ich als:

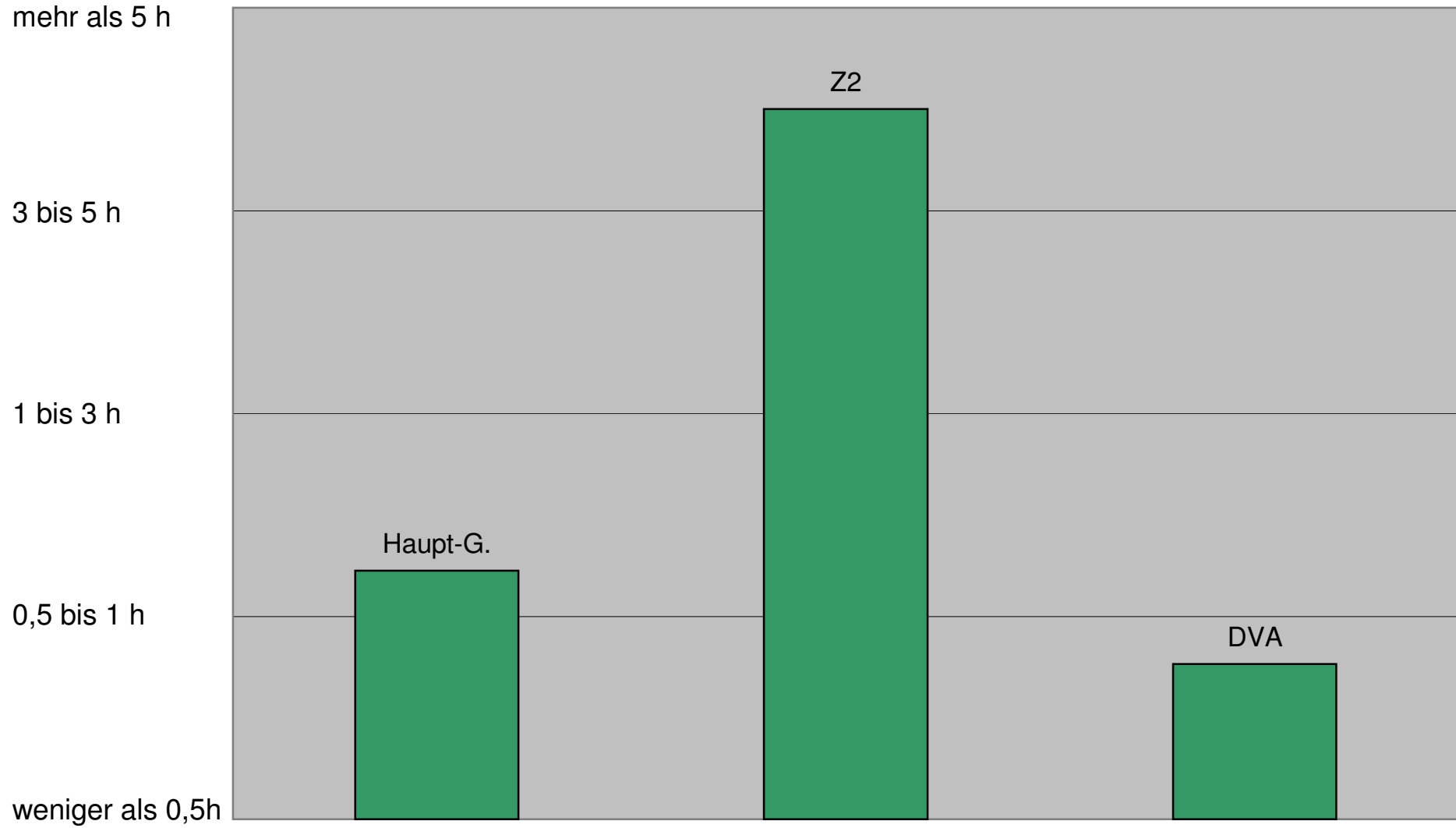
sehr gut

neutral

sehr schlecht



### Ich öffne das Fenster ca. Stunden am Tag:



## Störende Gerüche von Bodenbelag / Möbeln empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

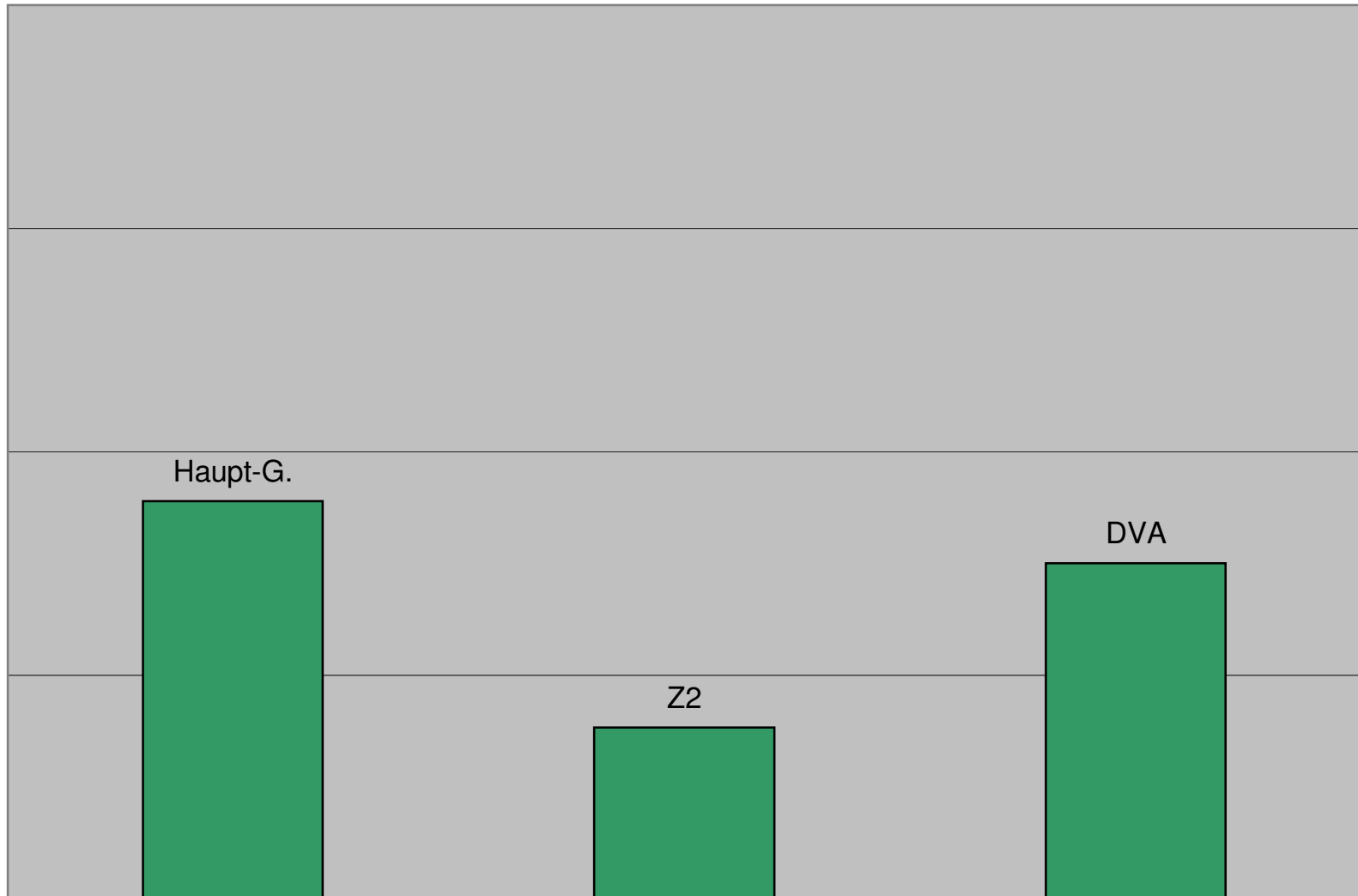


überhaupt nicht

## Störende Gerüche von technische Geräten empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

überhaupt nicht



## Störende Gerüche vom Gebäudeinneren empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

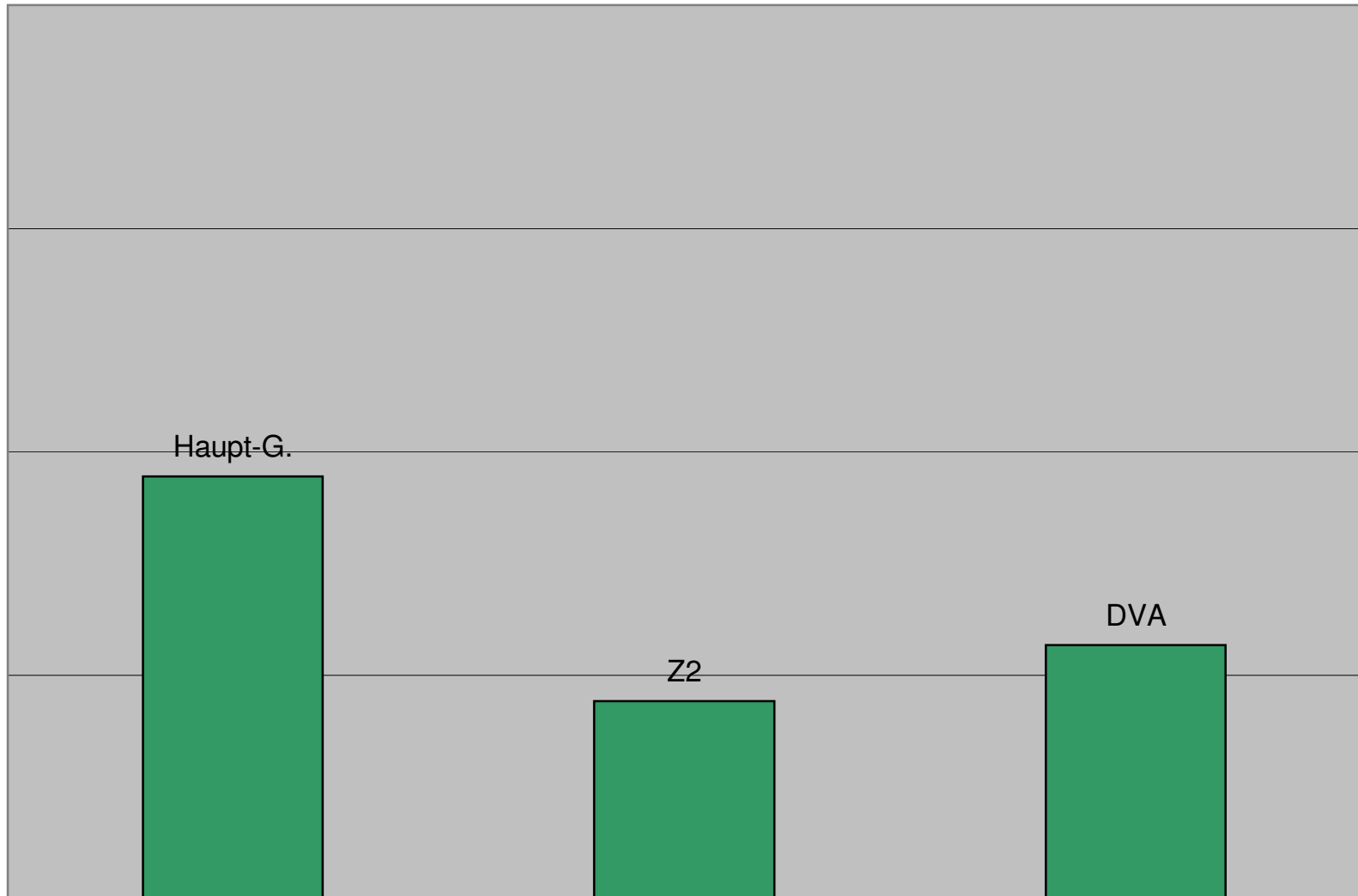
sehr stark

Haupt-G.

Z2

DVA

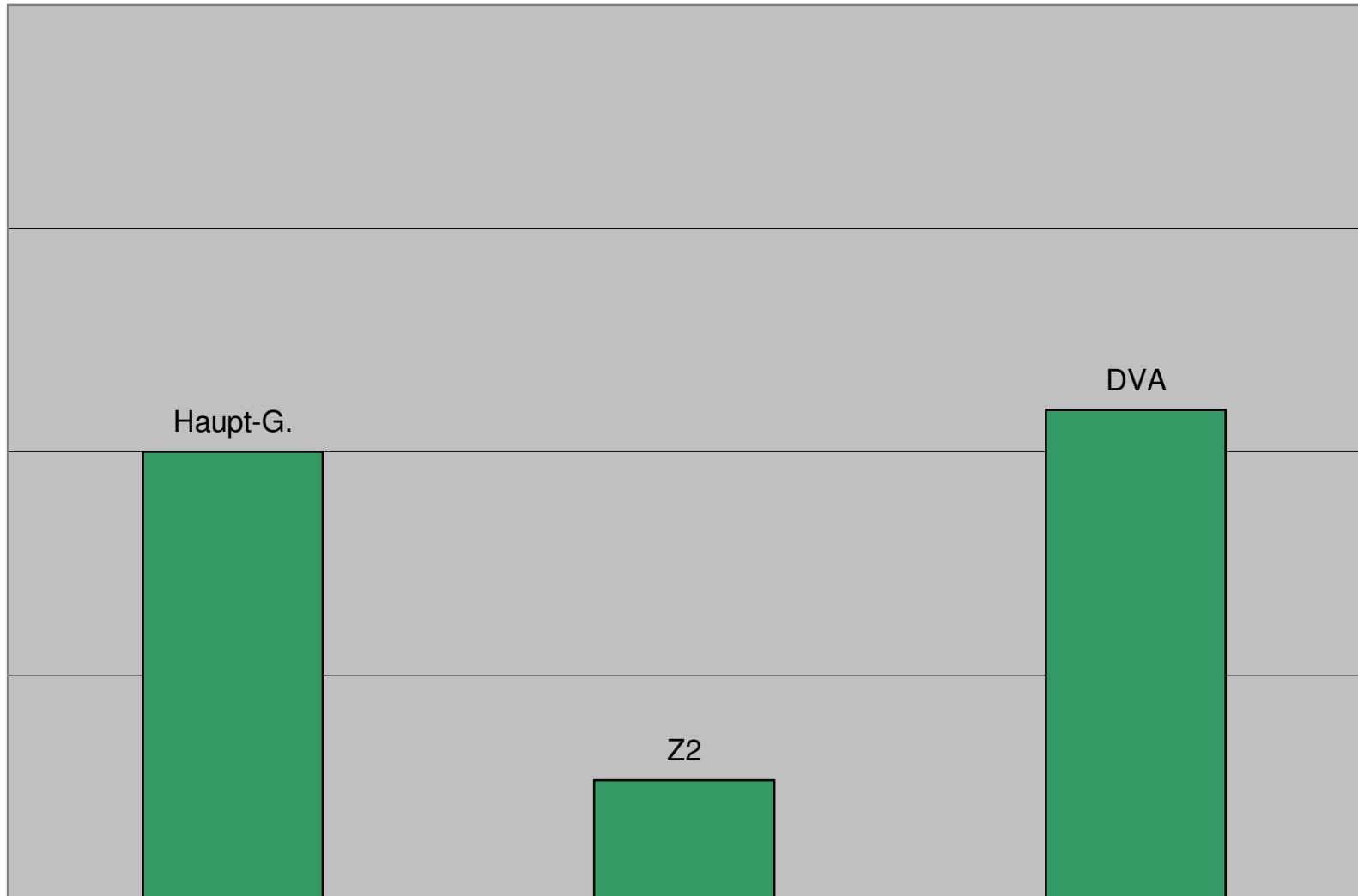
überhaupt nicht



## Störende Gerüche von Außen empfinde ich an meinem Arbeitsplatz:

sehr stark

überhaupt

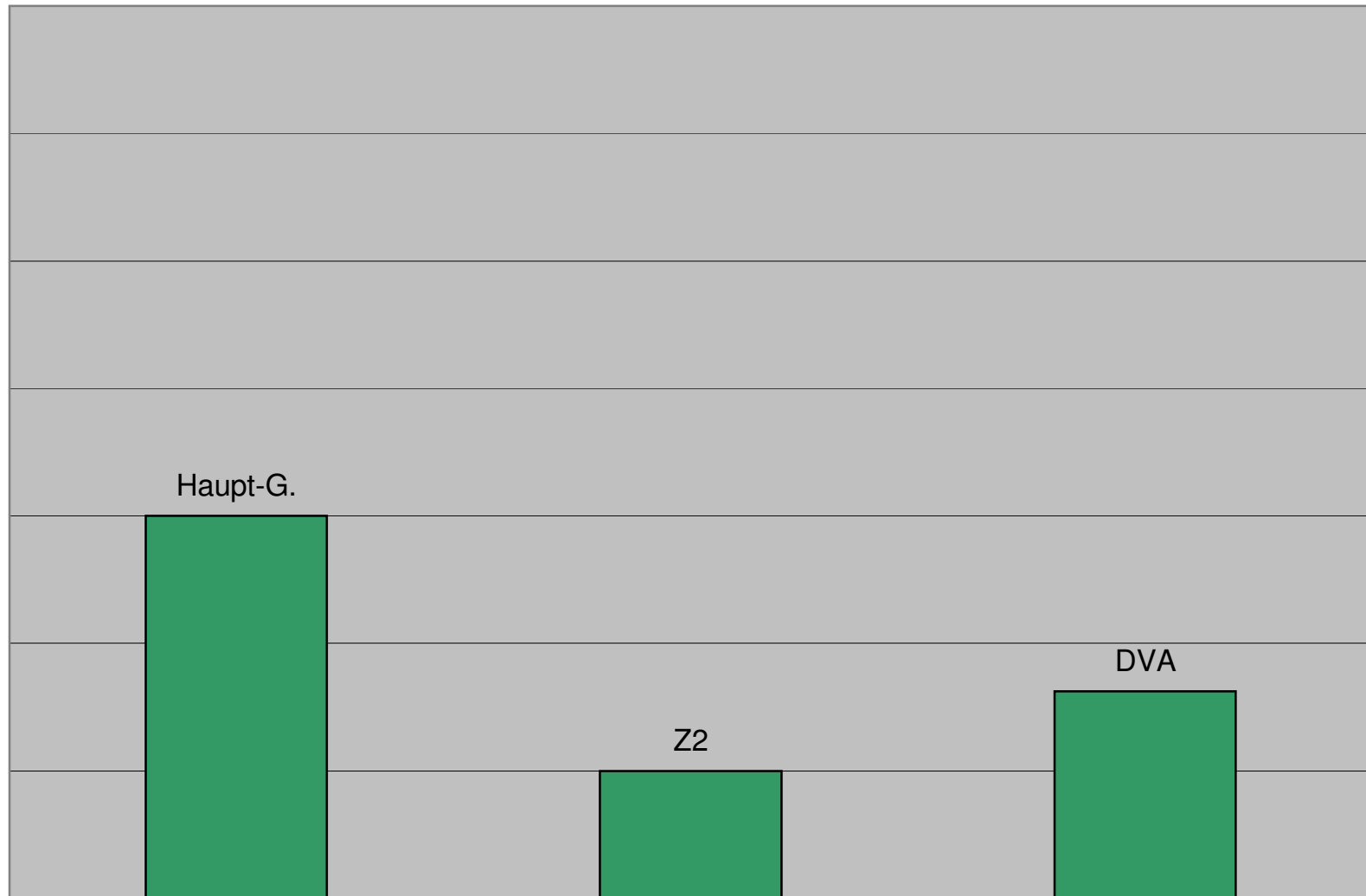




## An meinem Arbeitsplatz verspüre ich einen Luftzug:

stört mich

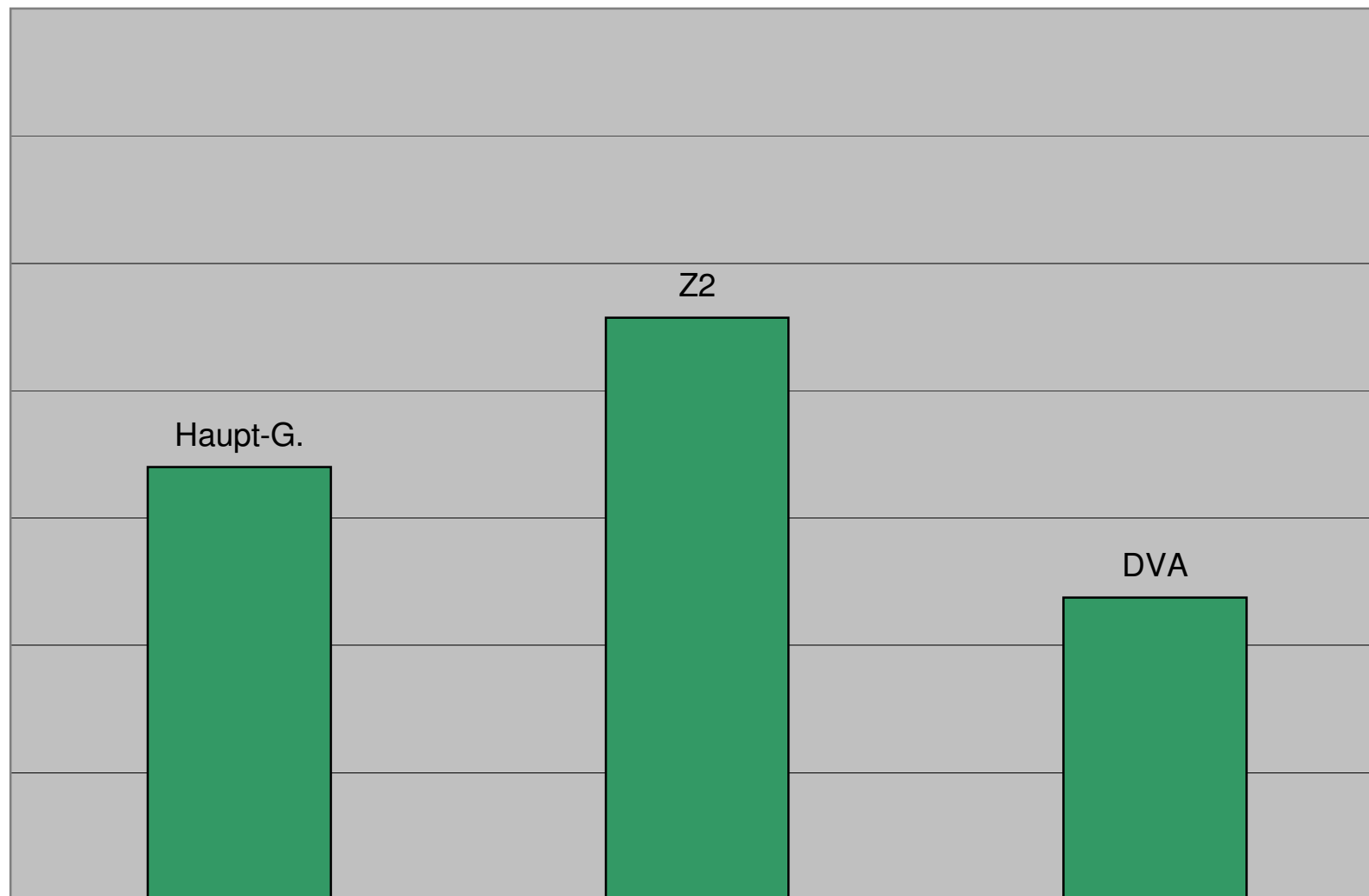
Nein /  
stört mich



## Telefonate/Gespräche im eigenen Raum stören:

stört mich

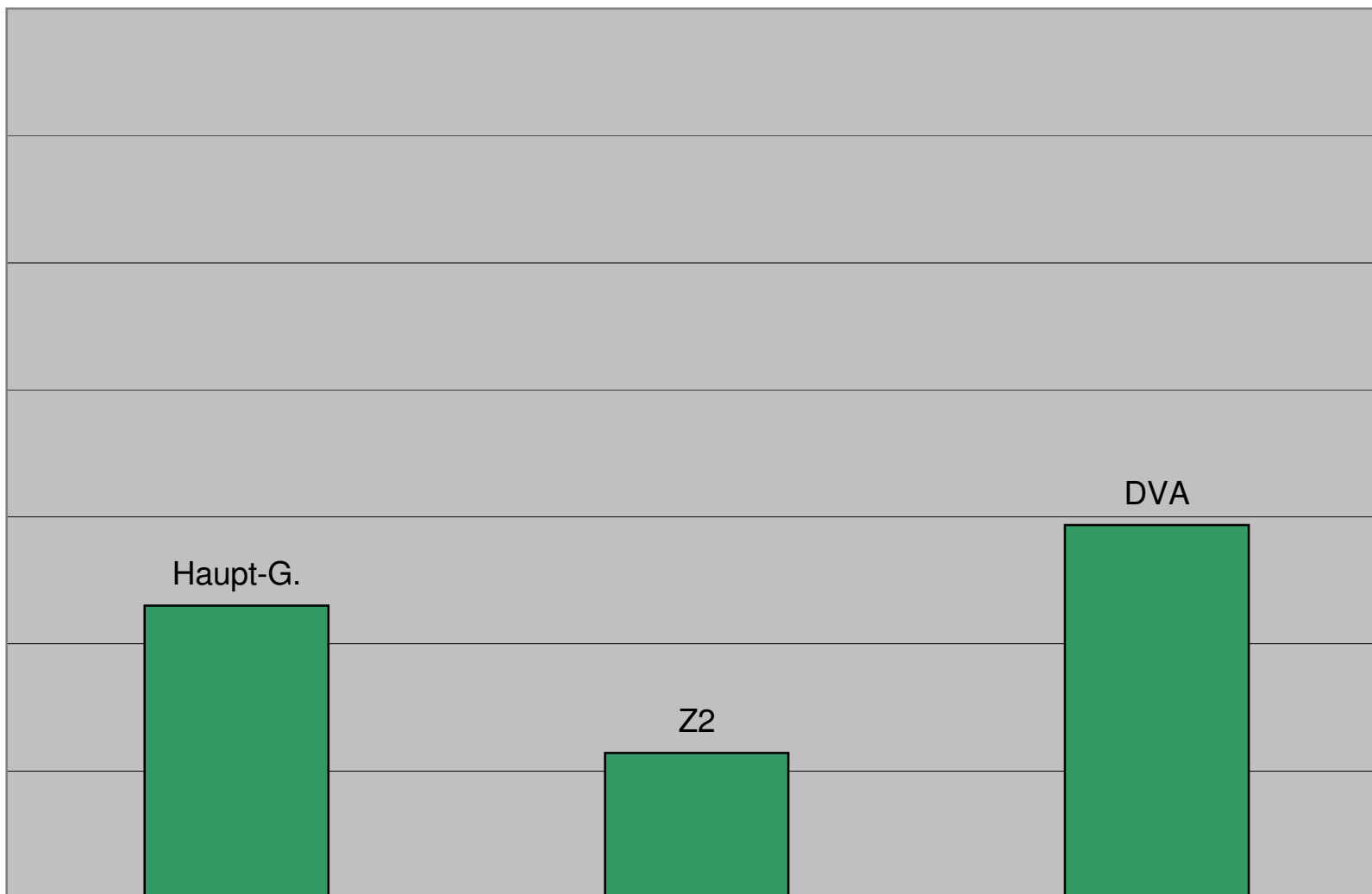
Nein /  
stört mich nicht



## Geräusche von benachbarten Büroräumen/Flur stören (Tür zu):

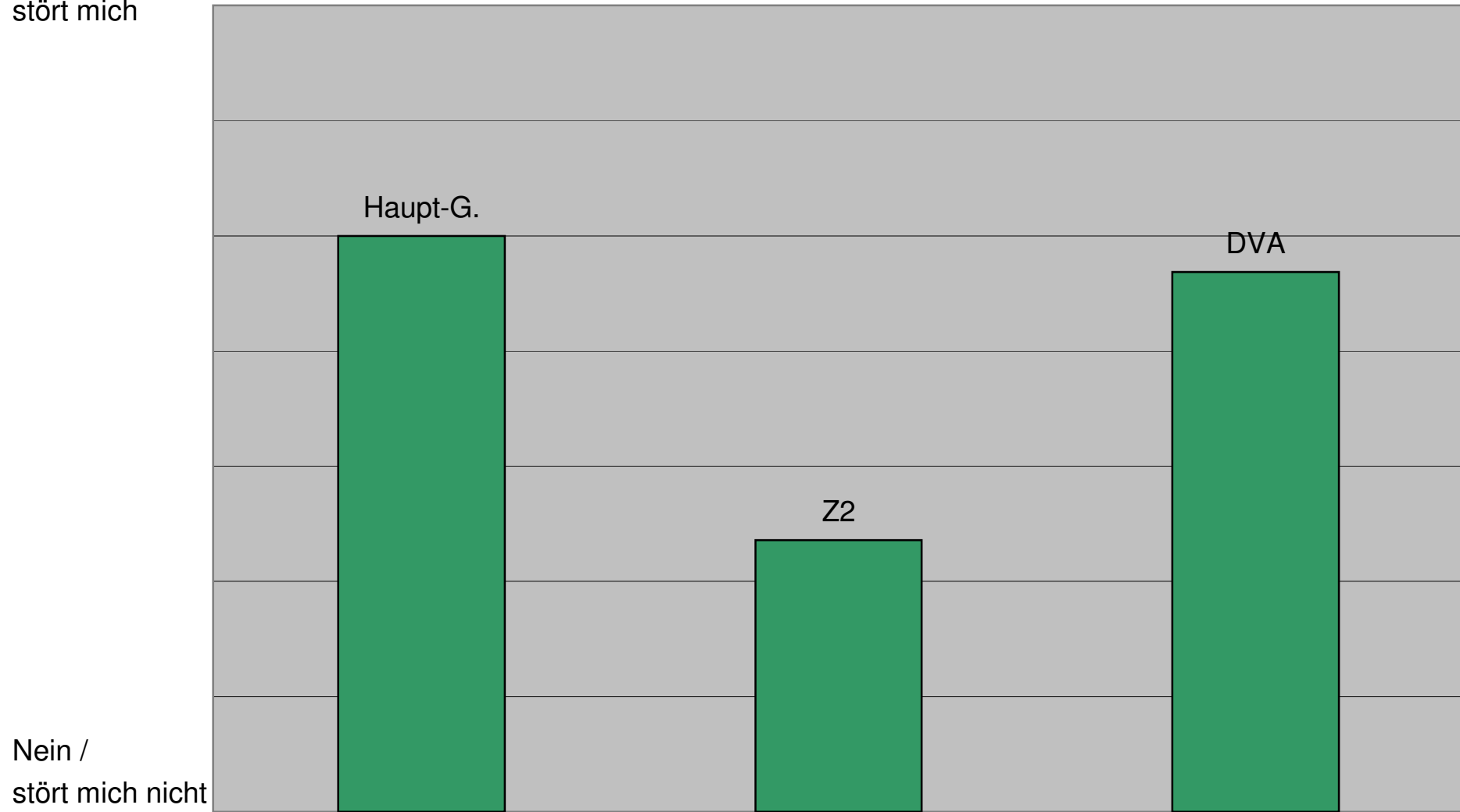
stört mich

Nein /  
stört mich nicht



### Geräusche von benachbarten Büroräumen/Flur stören (Tür offen):

stört mich

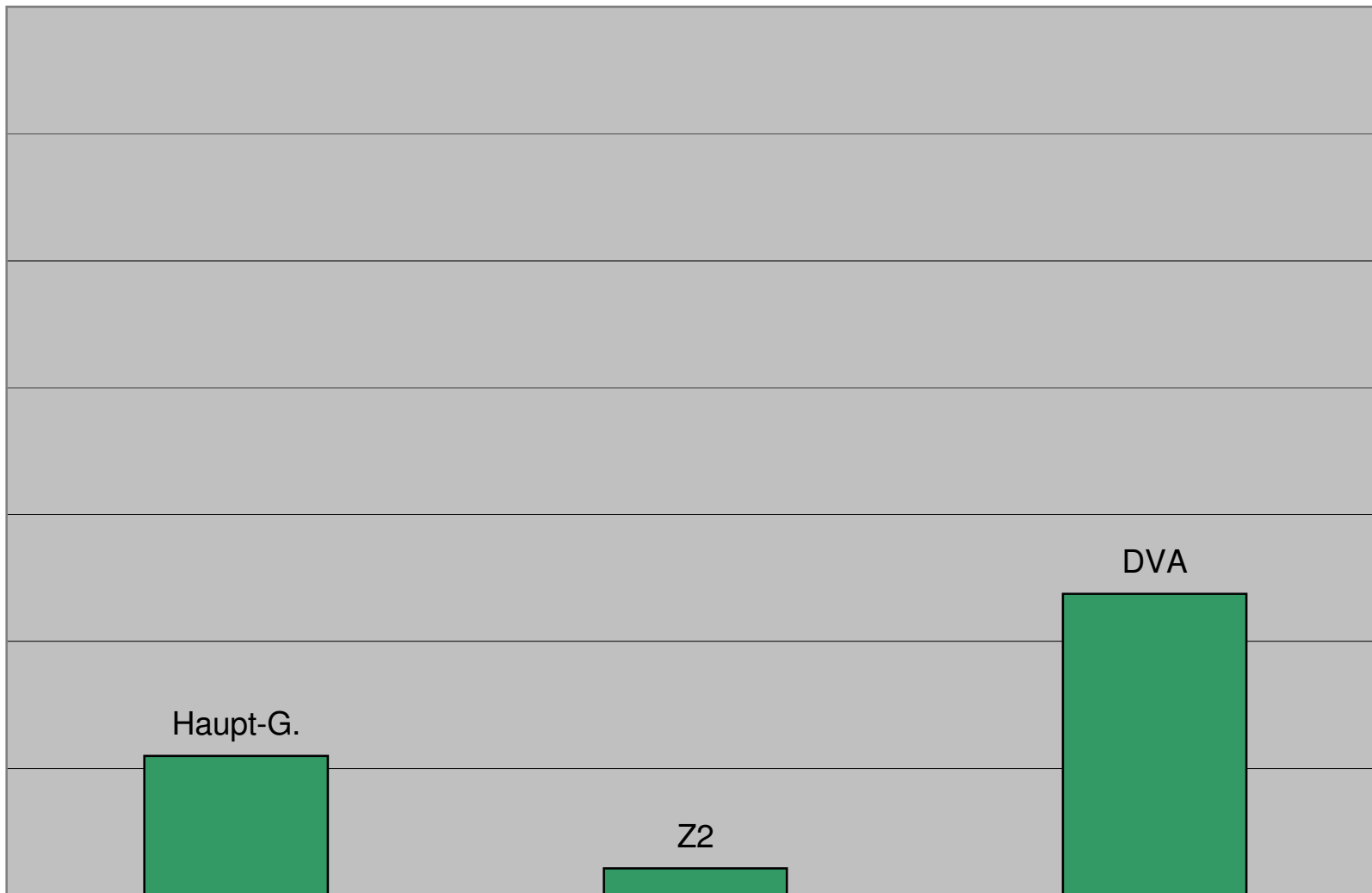


Nein /  
stört mich nicht

### Geräusche von außerhalb des Gebäudes stören (Fenster zu):

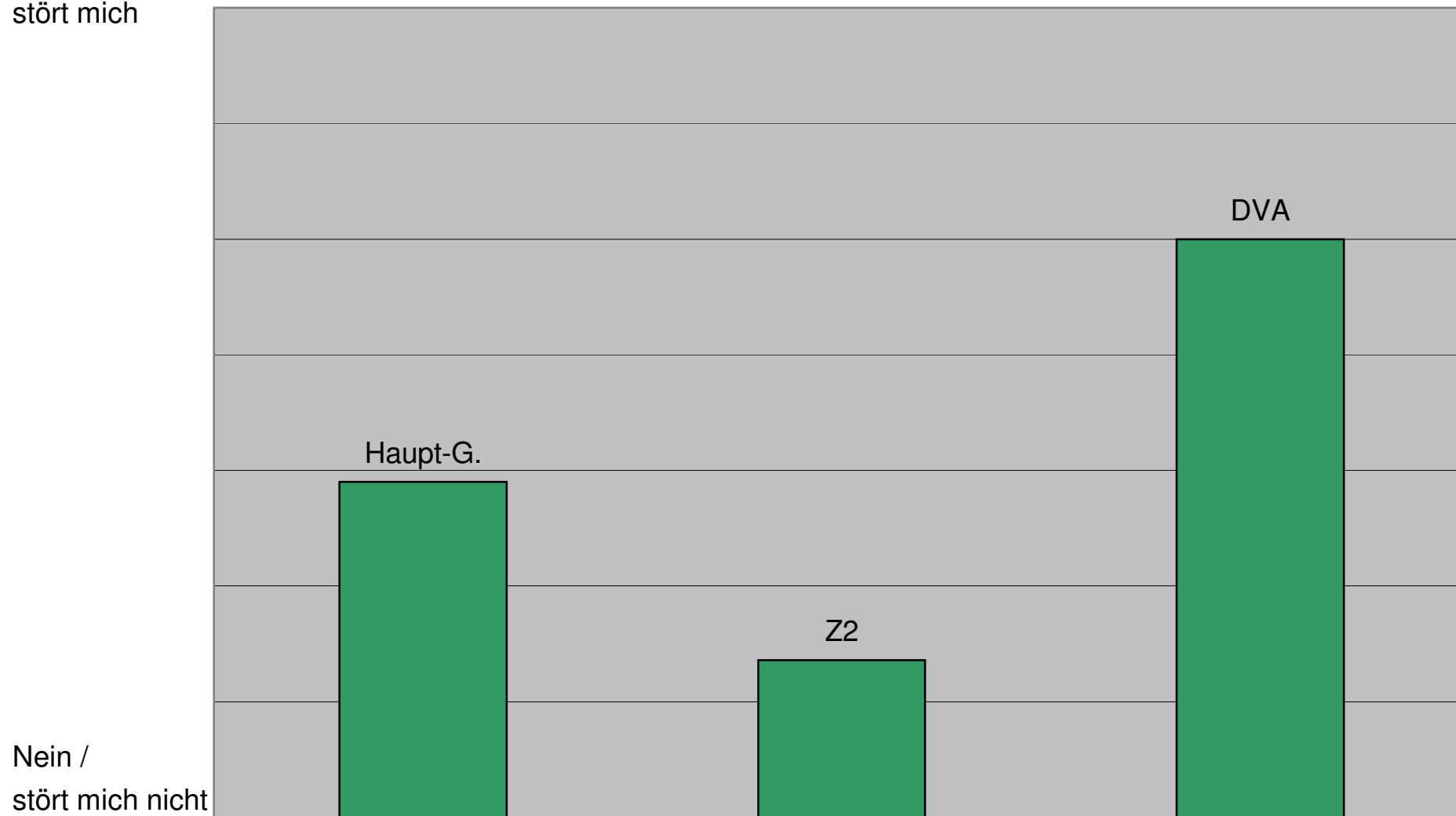
stört mich

Nein /  
stört mich nicht



### Geräusche von außerhalb des Gebäudes stören (Fenster zu):

stört mich



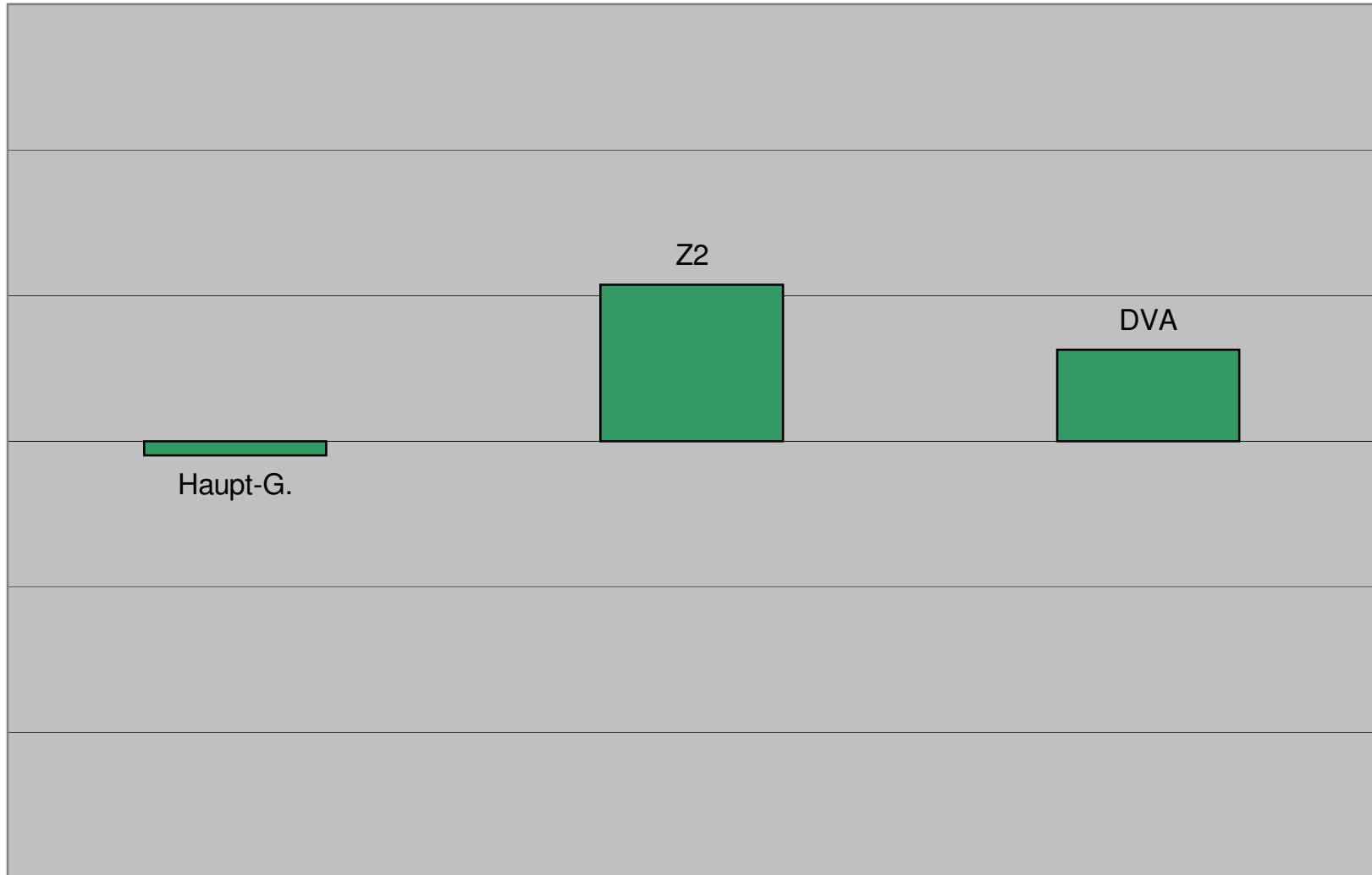
Nein /  
stört mich nicht

## Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Tageslicht:

sehr gut

neutral

sehr schlecht

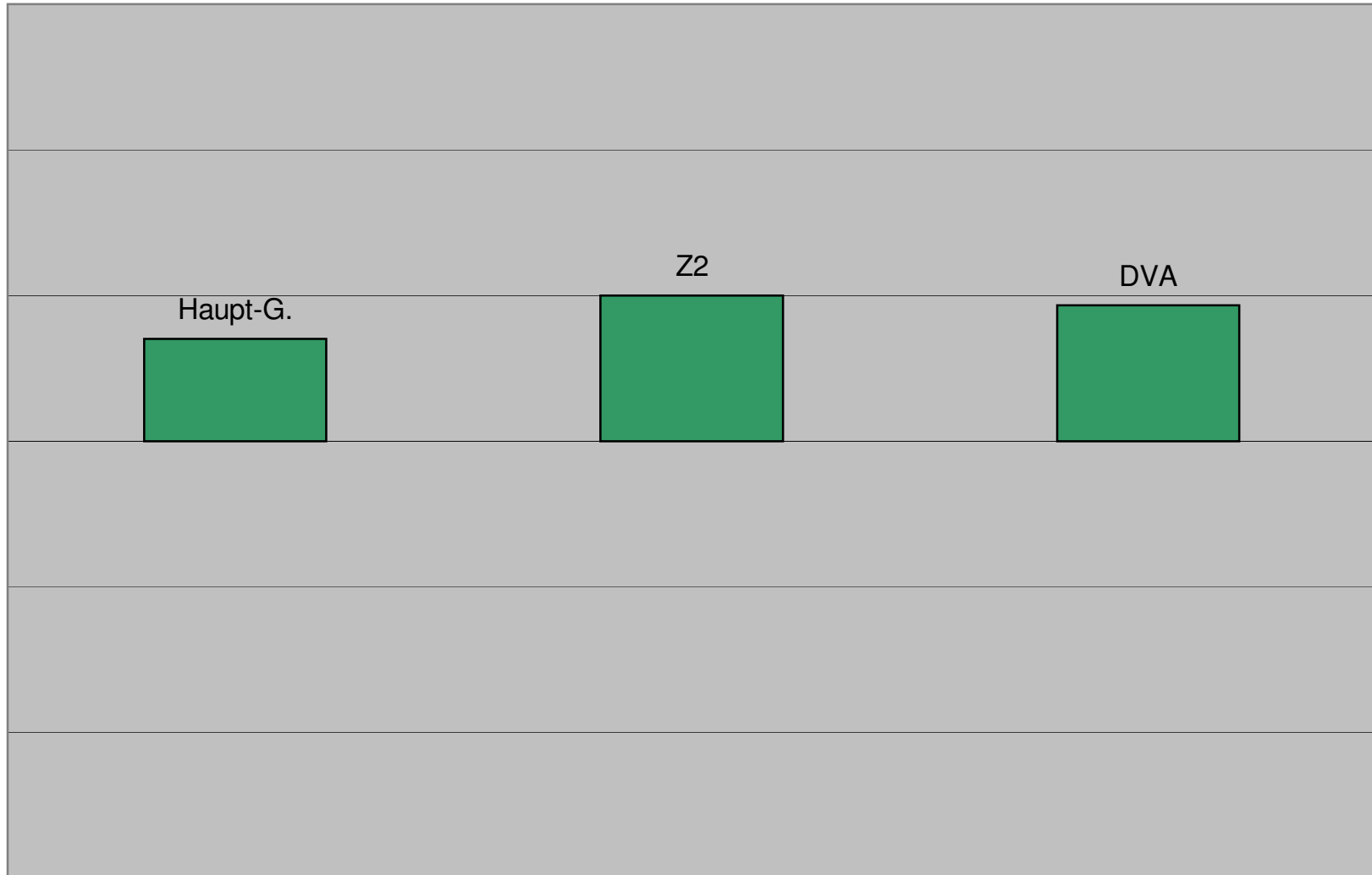


## Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch Kunstlicht:

sehr gut

neutral

sehr schlecht





### Wie beurteilen Sie den Sonnen- und Blendschutz in Ihrem Büro:

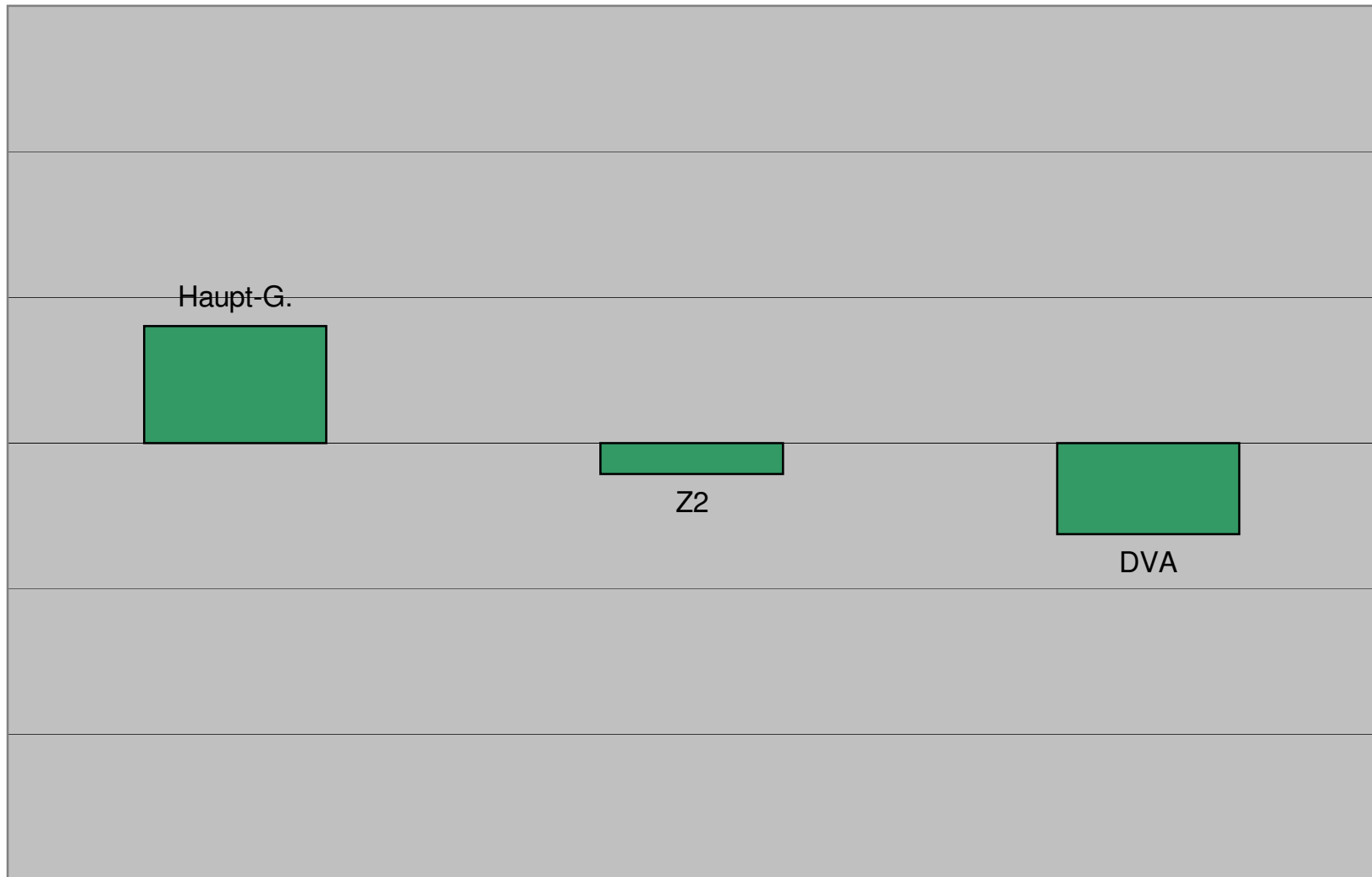


## Die Möglichkeit Einfluss auf das Raumklima zu nehmen finde ich:

sehr gut

neutral

sehr schlecht

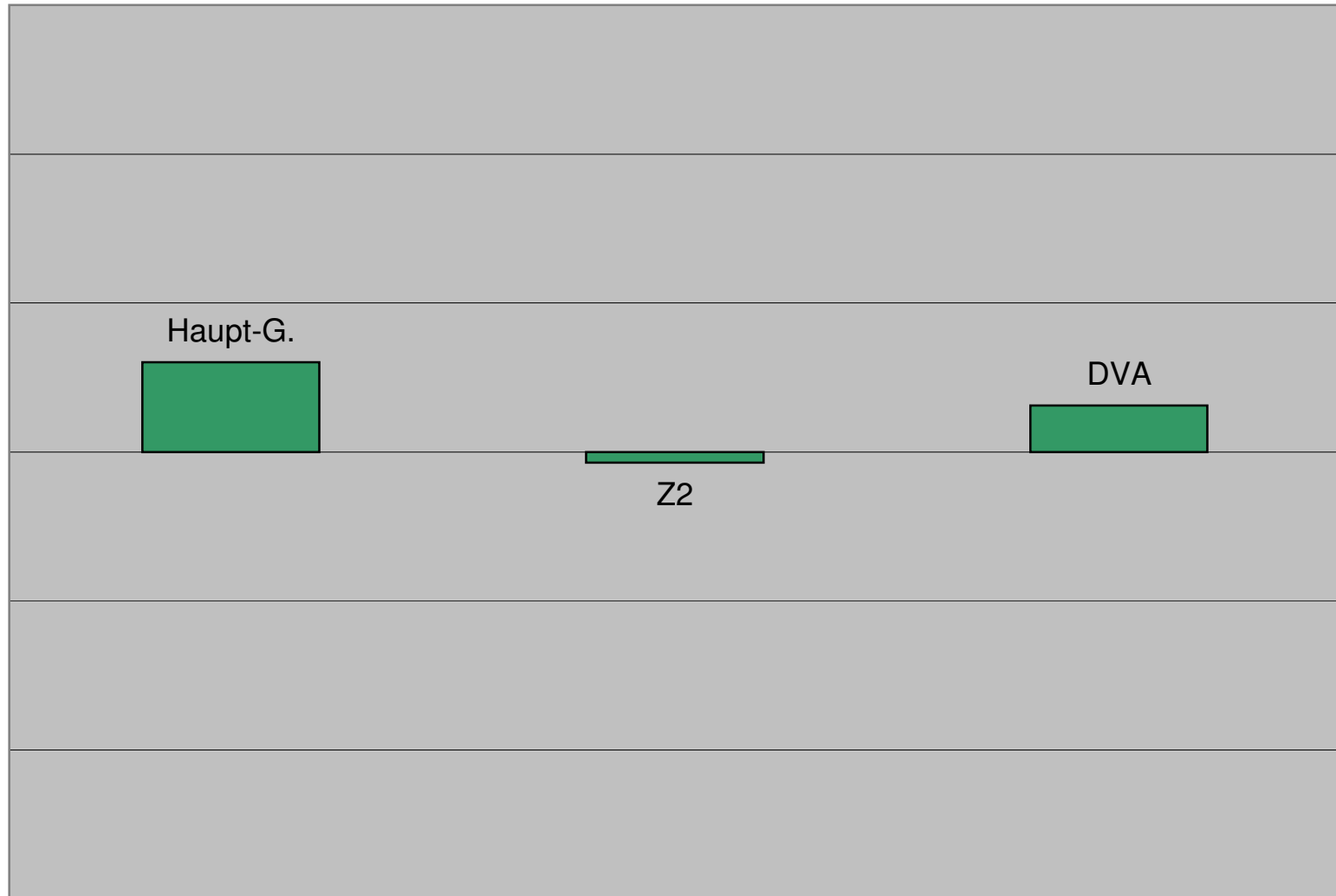


### Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:

sehr angenehm

neutral

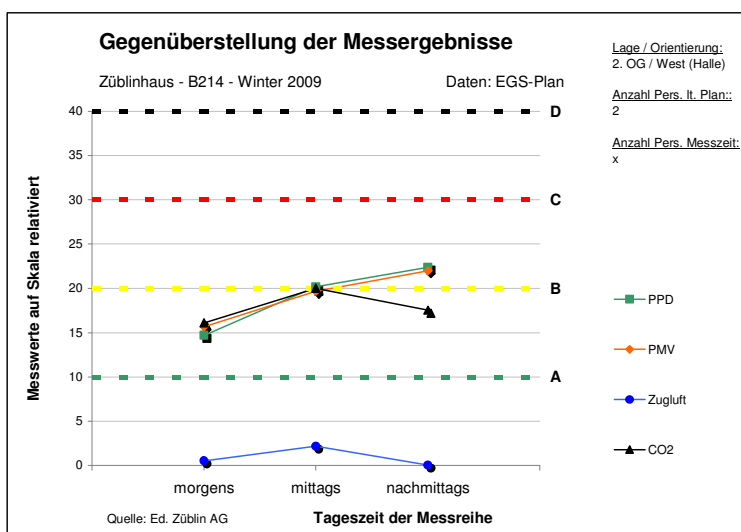
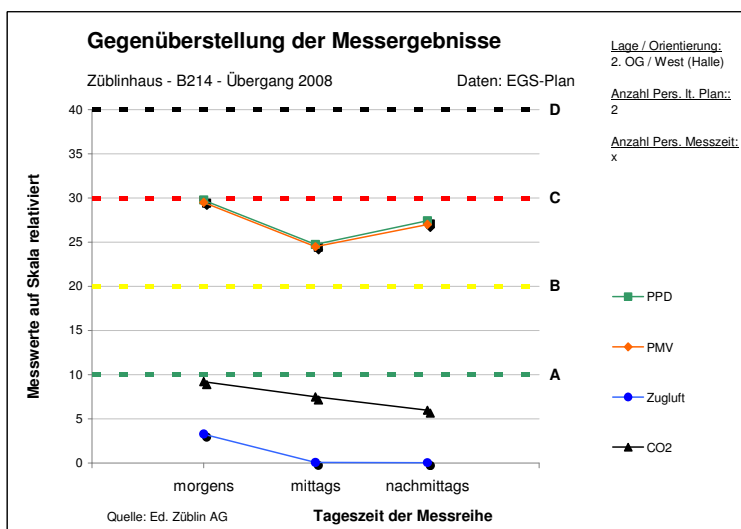
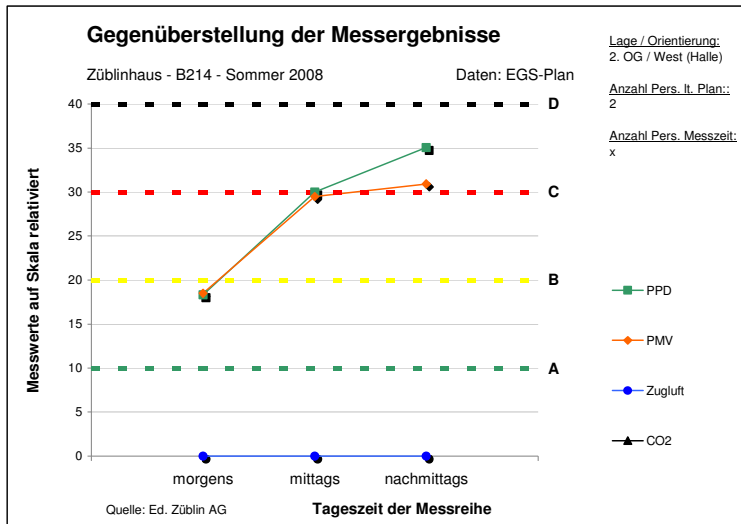
sehr unangenehm



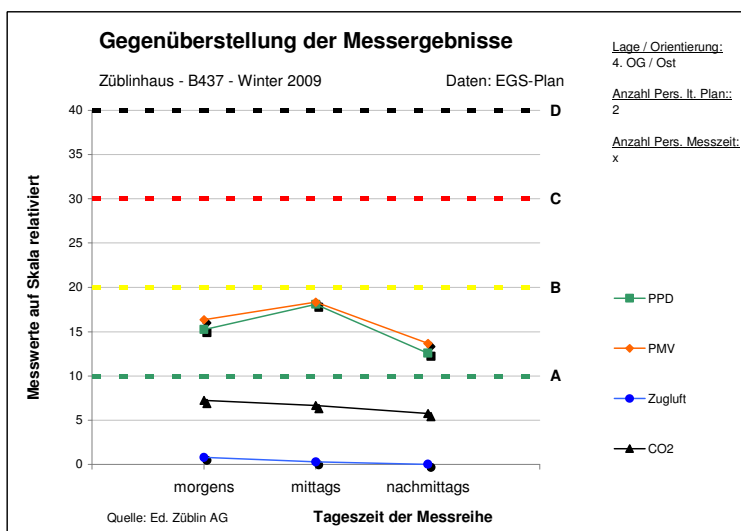
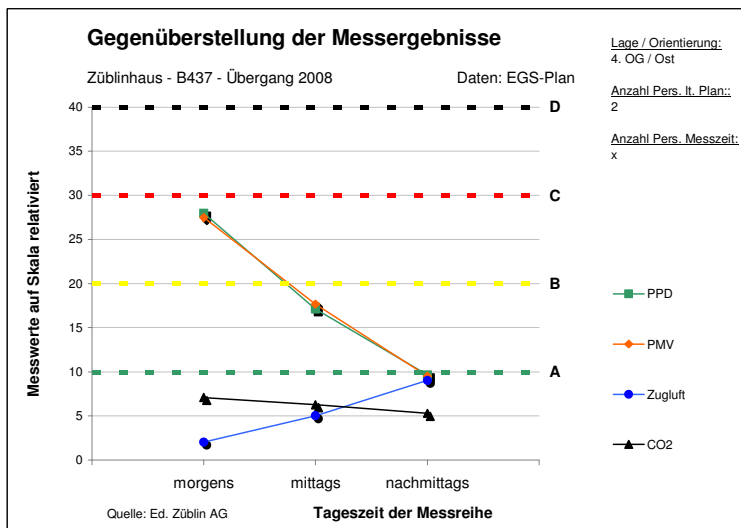
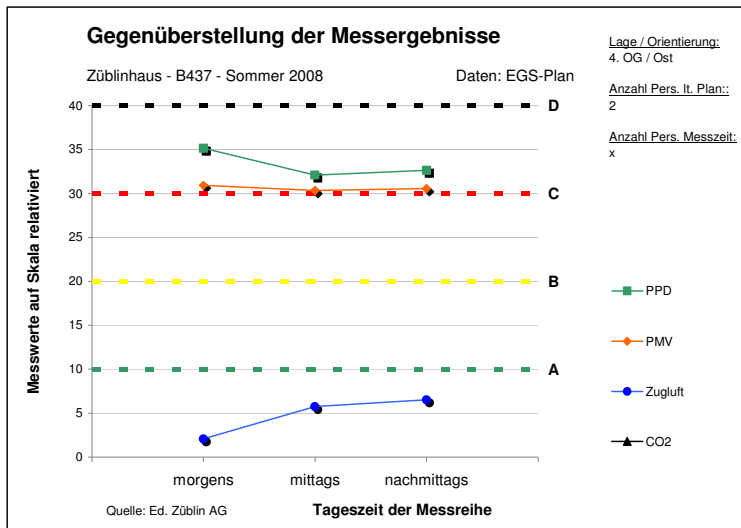
**Anlage 3:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)*  
*zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | Kurzzeit-Messungen (Nutzerkomfort) –<br>Gesamtdiagramm pro Jahreszeit |  | Seite |
|----------|---|--|-------|
| <b>1</b> | 2-Personenbüro, B214 (Halle), West                                    |  | 2     |
| <b>2</b> | 2 Personenbüro, B437, Ost   |  | 3     |
| <b>3</b> | 4-Personen(Eck)büro, A358, Südost                                     |  | 4     |

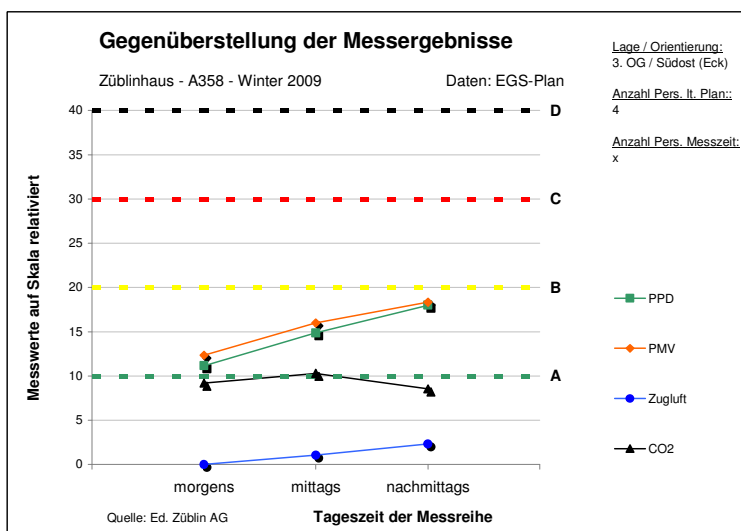
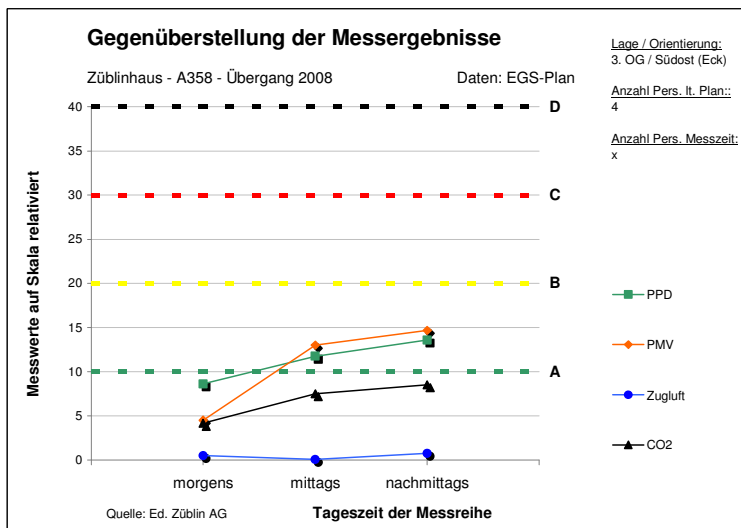
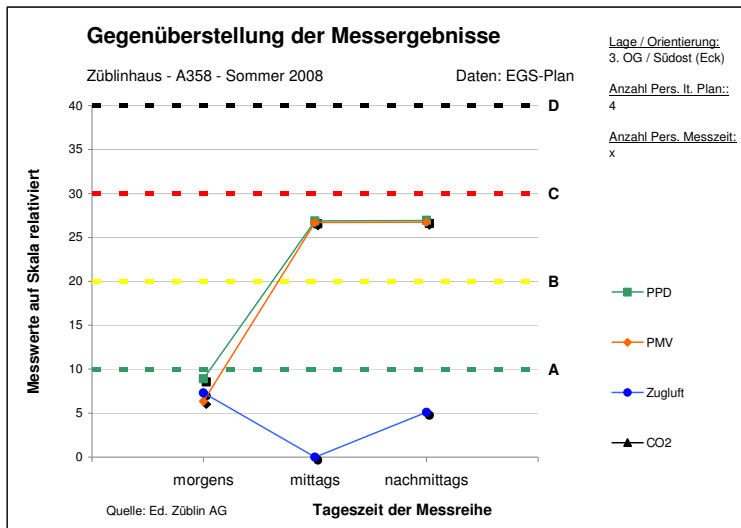
Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
 zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
zu Bericht: Kapitel 3.11



**Anlage 4:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11*

**Darstellung in Behaglichkeitsfeldern <sup>\*)</sup>, <sup>\*\*)</sup>**

|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>         | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen<br/><sup>***)</sup></b> | <b>Seite</b> |
|----------|-------------------------------------|---|--------------|
| <b>1</b> | 4-Personen(Eck)büro, A358, Südost   | -   | 2            |
| <b>2</b> | 2 Personenbüro, B213, Ost           | Raum: B517  | 3            |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, B214 (Halle), West  | Raum: B522  | 4            |
| <b>4</b> | 1 Personenbüro, B434, (Halle), West | Raum: B522  | 5            |
| <b>5</b> | 2 Personenbüro, B437, Ost           | Raum: B517  | 6            |

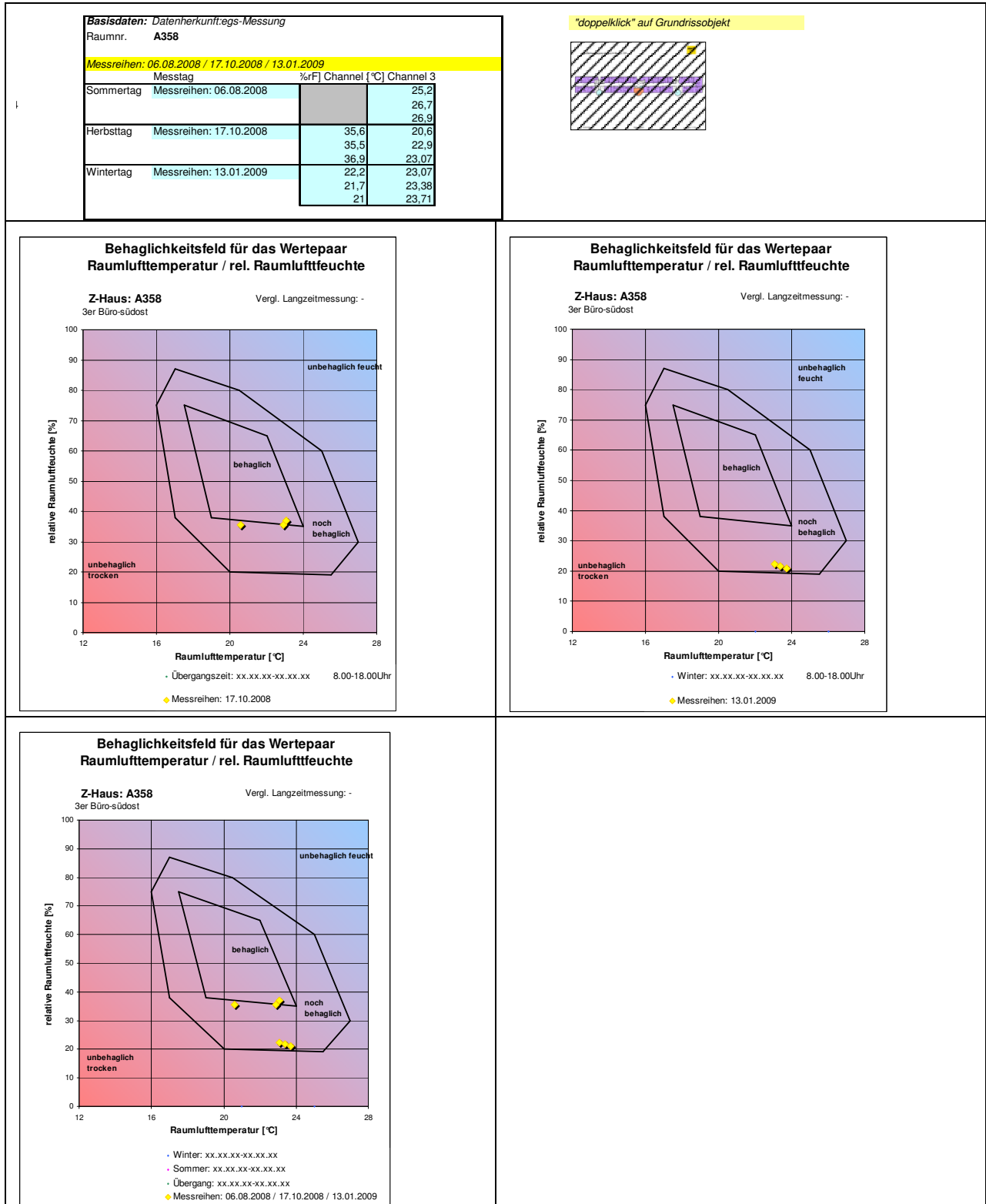
\*) für Übergangszeit und Winter

\*\*\*) in Sommer Messreihe (EGS-Plan) wurden keine relativen Raumlufffeuchten gemessen, erst ab der Messreihe Übergangszeit

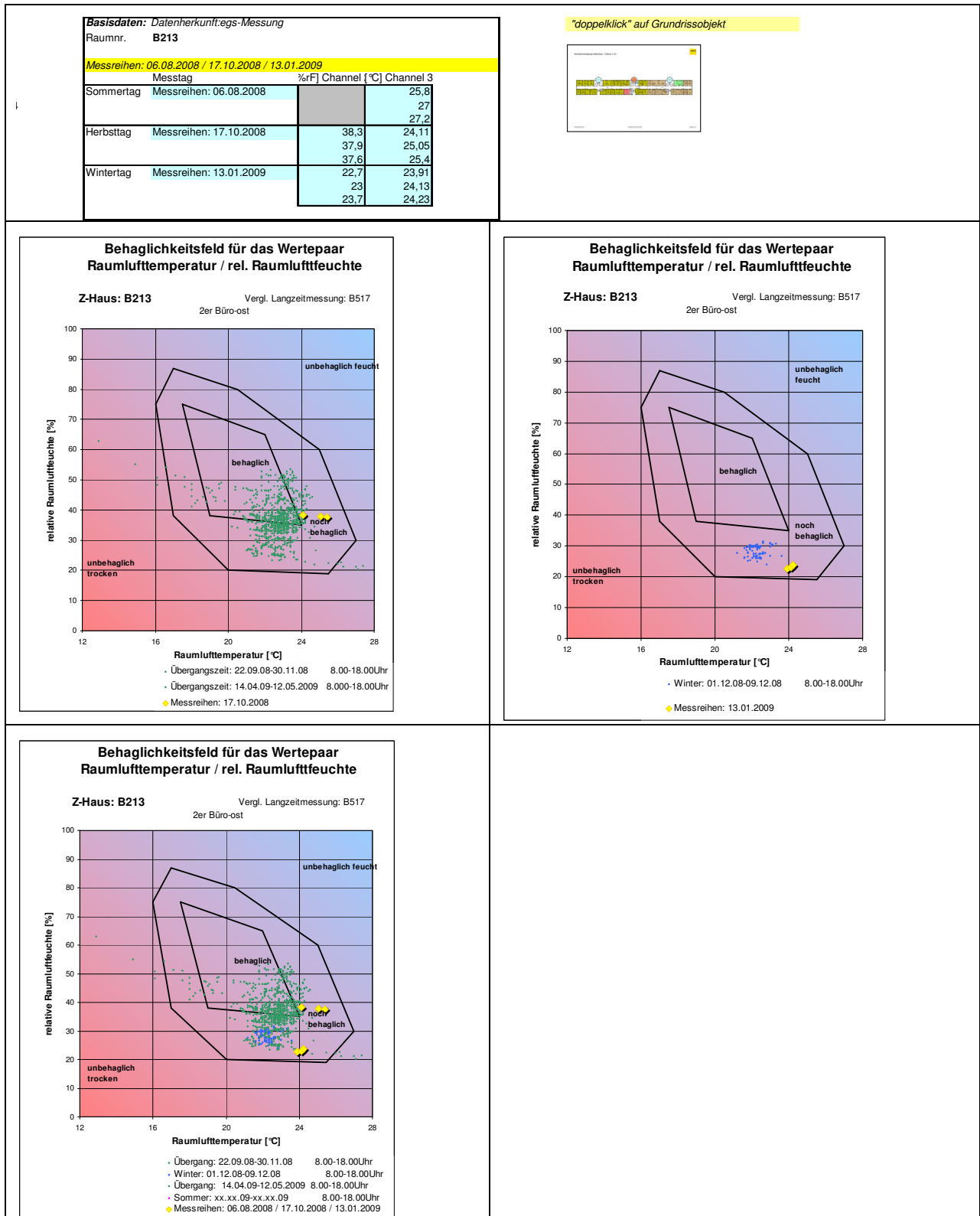
\*\*\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008



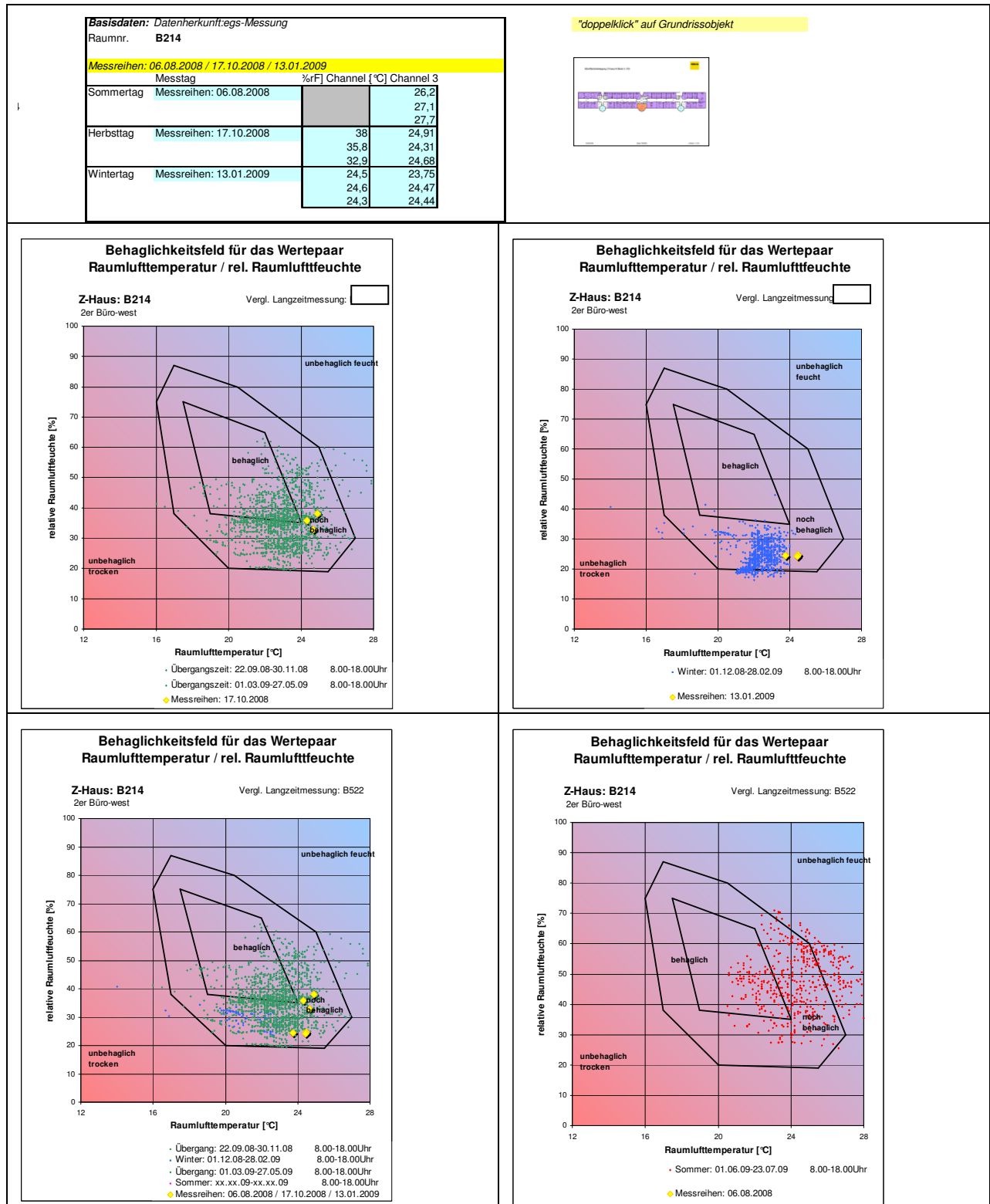
**Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11**



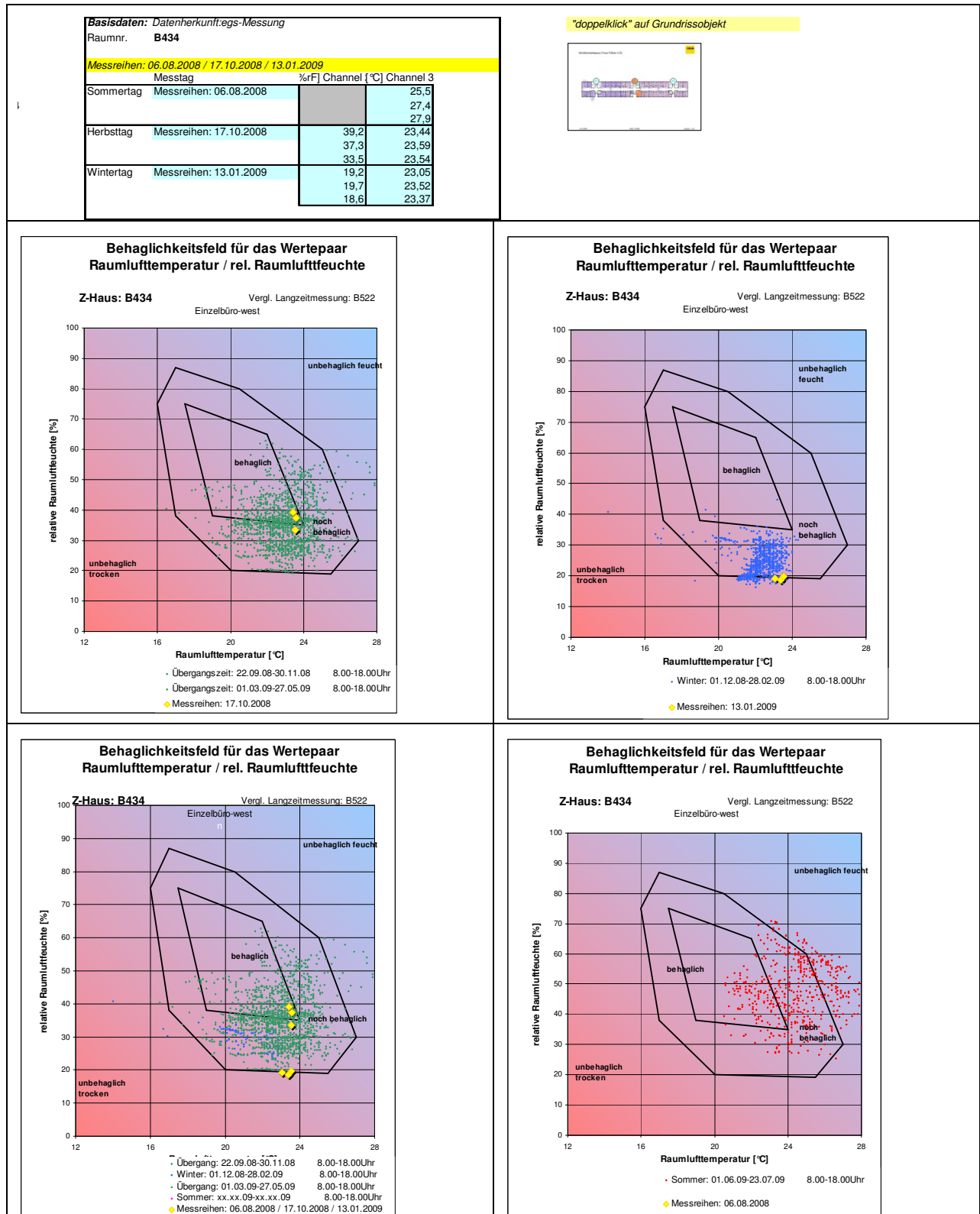
**Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11**



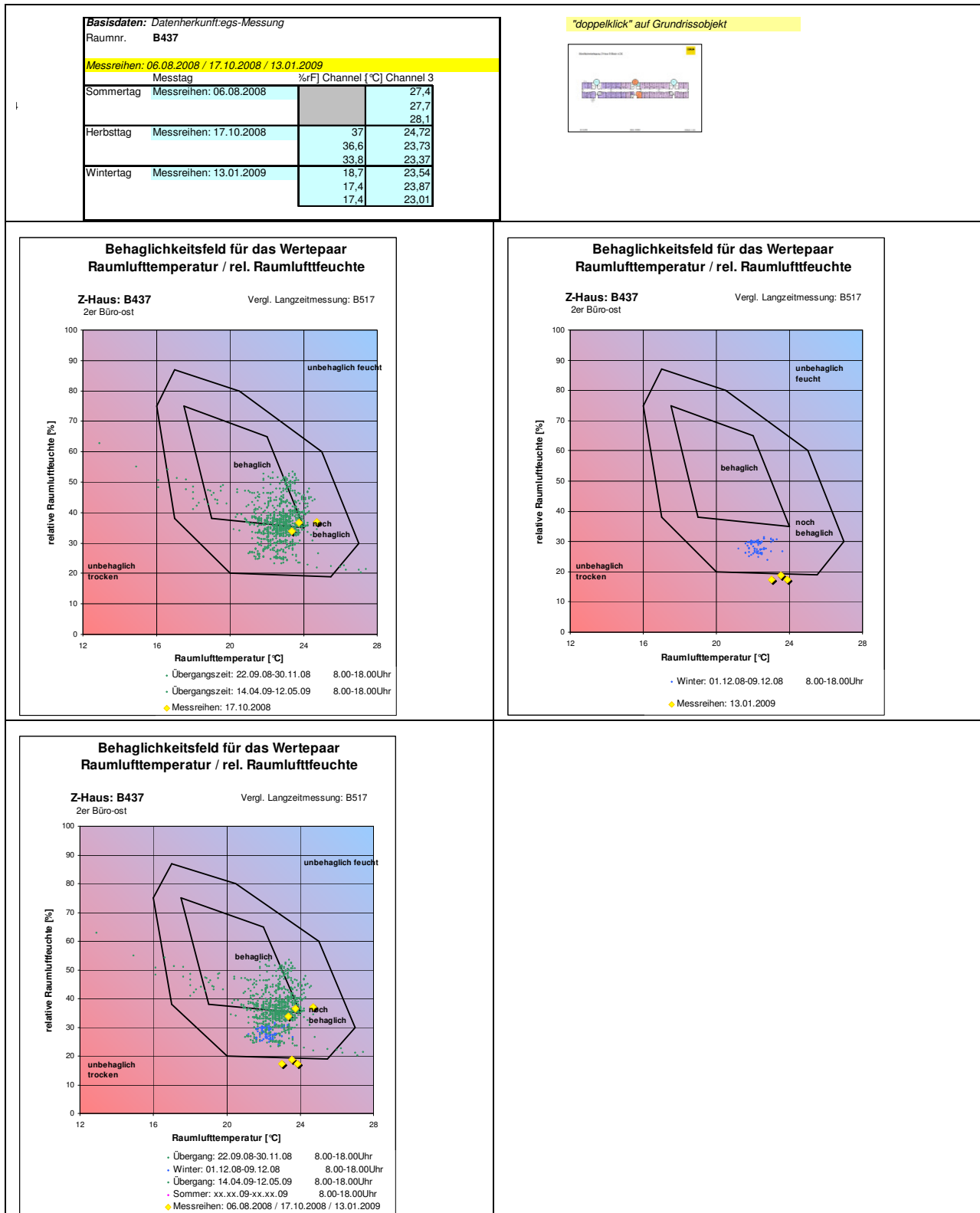
Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

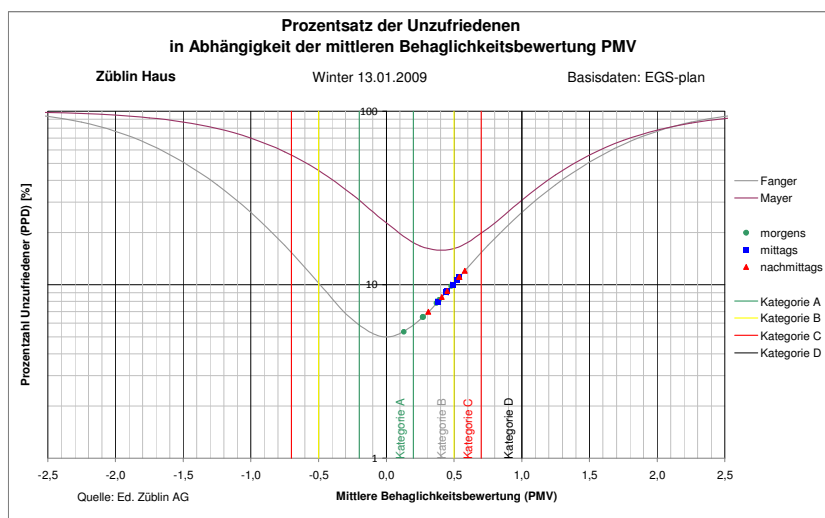
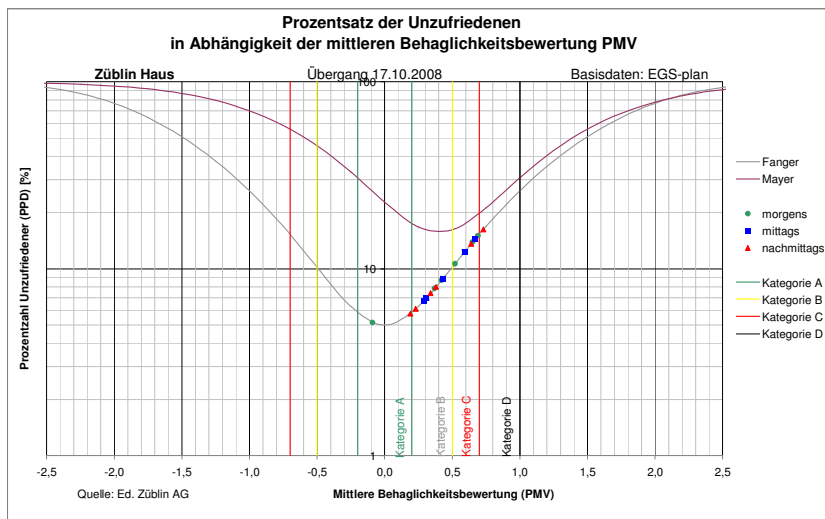
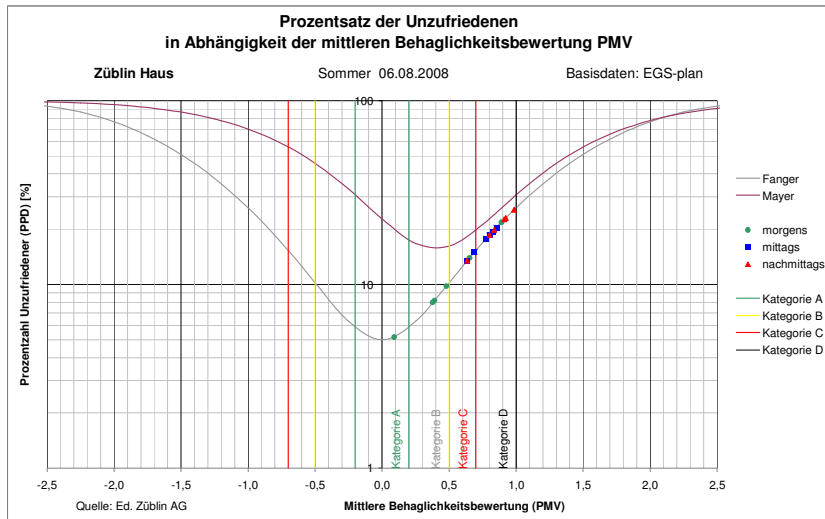


**Anlage 5:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | <b>Räume</b>                        |  |  |
|----------|-------------------------------------|--|--|
| <b>1</b> | 4-Personen(Eck)büro, A358, Südost   |  |  |
| <b>2</b> | 2 Personenbüro, B213, Ost           |  |  |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, B214 (Halle), West  |  |  |
| <b>4</b> | 1 Personenbüro, B434, (Halle), West |  |  |
| <b>5</b> | 2 Personenbüro, B437, Ost           |  |  |

## Anlage 5: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11

### Züblin Haus Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve



**Anlage 6:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3. 11*

**Darstellung in Behaglichkeitsbereichen am Arbeitsplatz  
nach DIN 1946 - 2<sup>\*)</sup>, <sup>\*\*)</sup>**

|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>         | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen<br/>***)</b> | <b>Seite</b> |
|----------|-------------------------------------|--|--------------|
| <b>1</b> | 4-Personen(Eck)büro, A358, Südost   | -  | 2            |
| <b>2</b> | 2 Personenbüro, B213, Ost           | Raum: B517   | 3            |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, B214 (Halle), West  | Raum: B522   | 4            |
| <b>4</b> | 1 Personenbüro, B434, (Halle), West | Raum: B522   | 5            |
| <b>5</b> | 2 Personenbüro, B437, Ost           | Raum: B517   | 6            |

\*) für Übergangszeit und Winter

\*\*\*) in Sommer Messreihe (EGS-Plan) wurden keine relativen Raumlufffeuchten gemessen, erst ab der Messreihe Übergangszeit

\*\*\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008

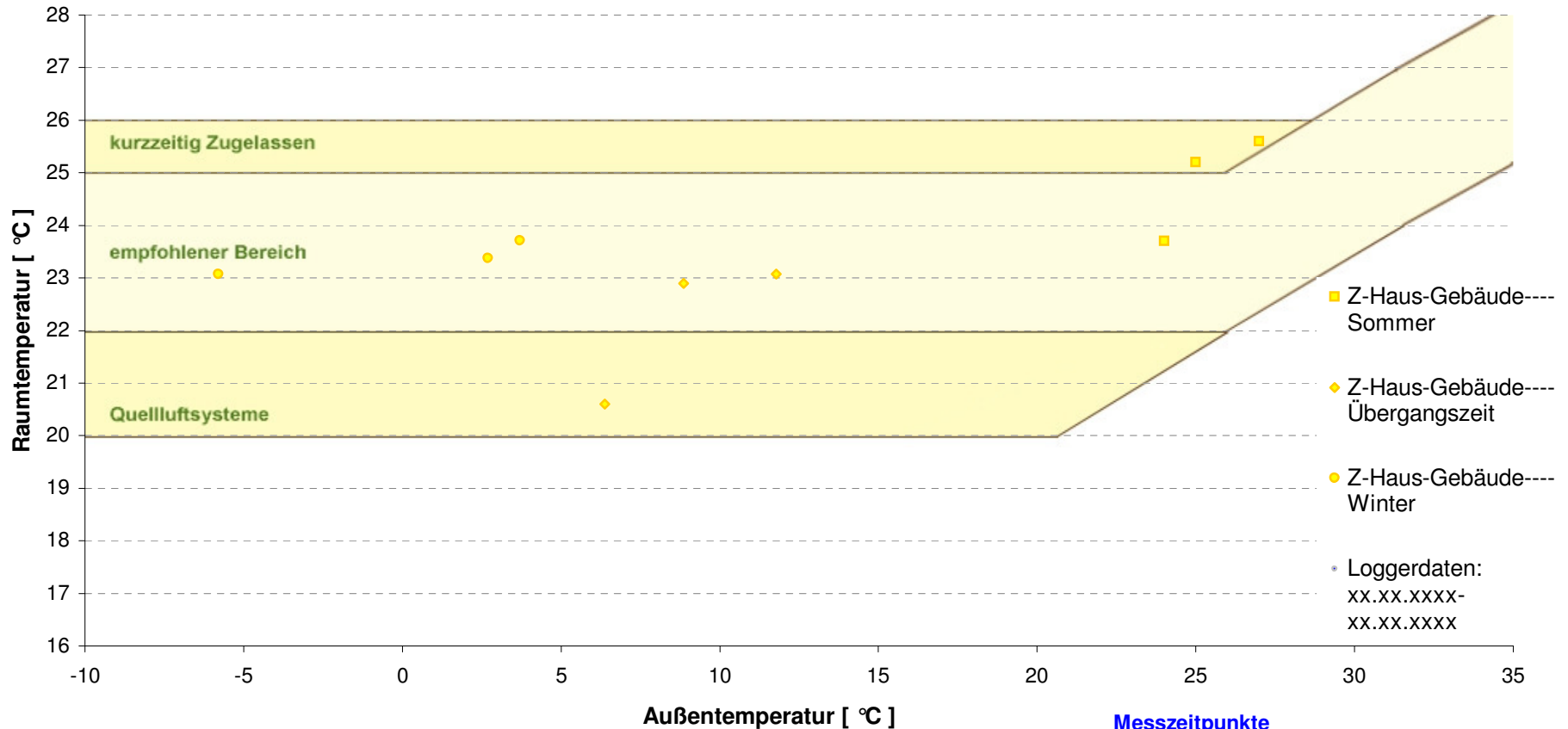
Anlage enthält 6 Seiten



## Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Haus Raum: A358**  
3er Büro-südost

Langzeitmessung: -



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
- Aktivitätsstufen I und II  
- leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**

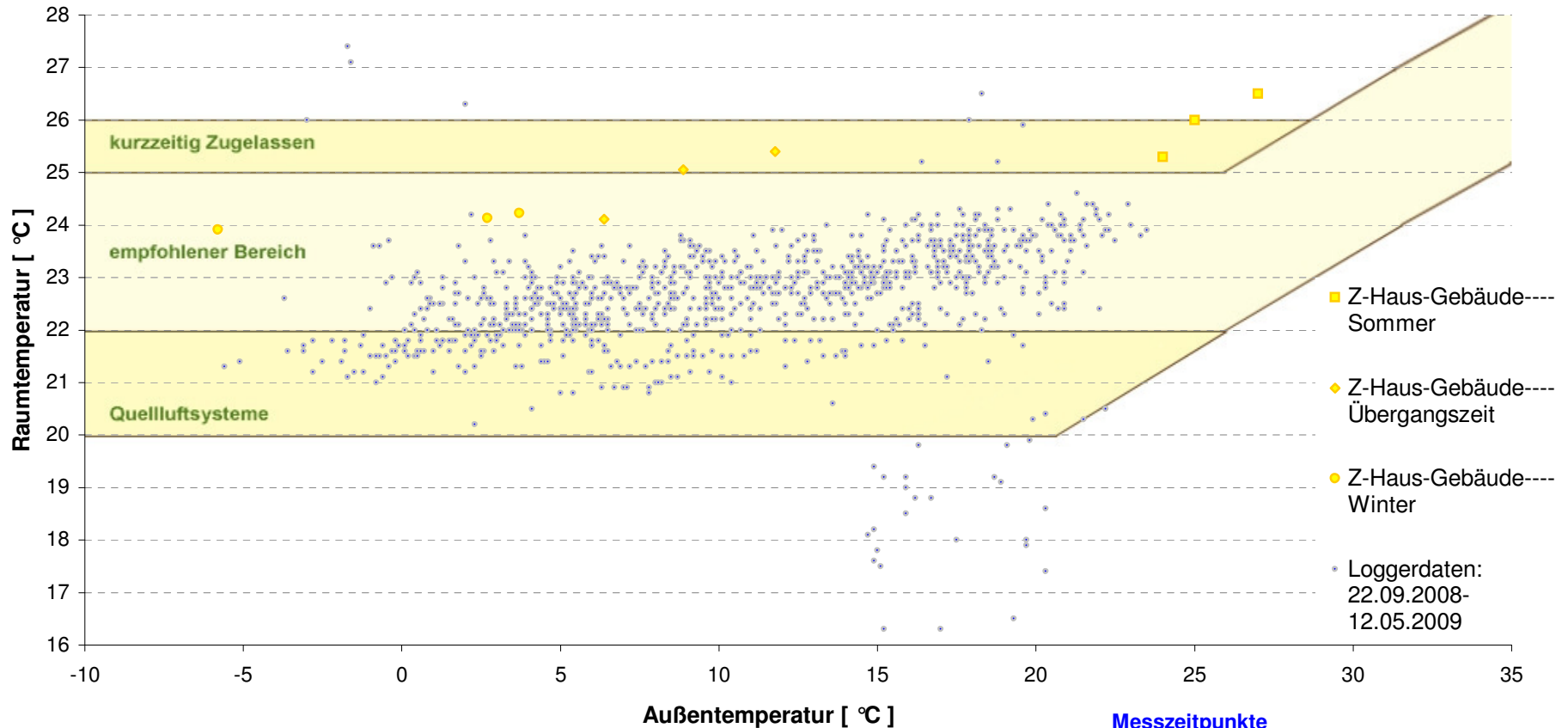
Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Haus Raum: B213**  
2er Büro-ost

Langzeitmessung: B517



### Voraussetzungen nach DIN 1946 T2

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

### Messzeitpunkte

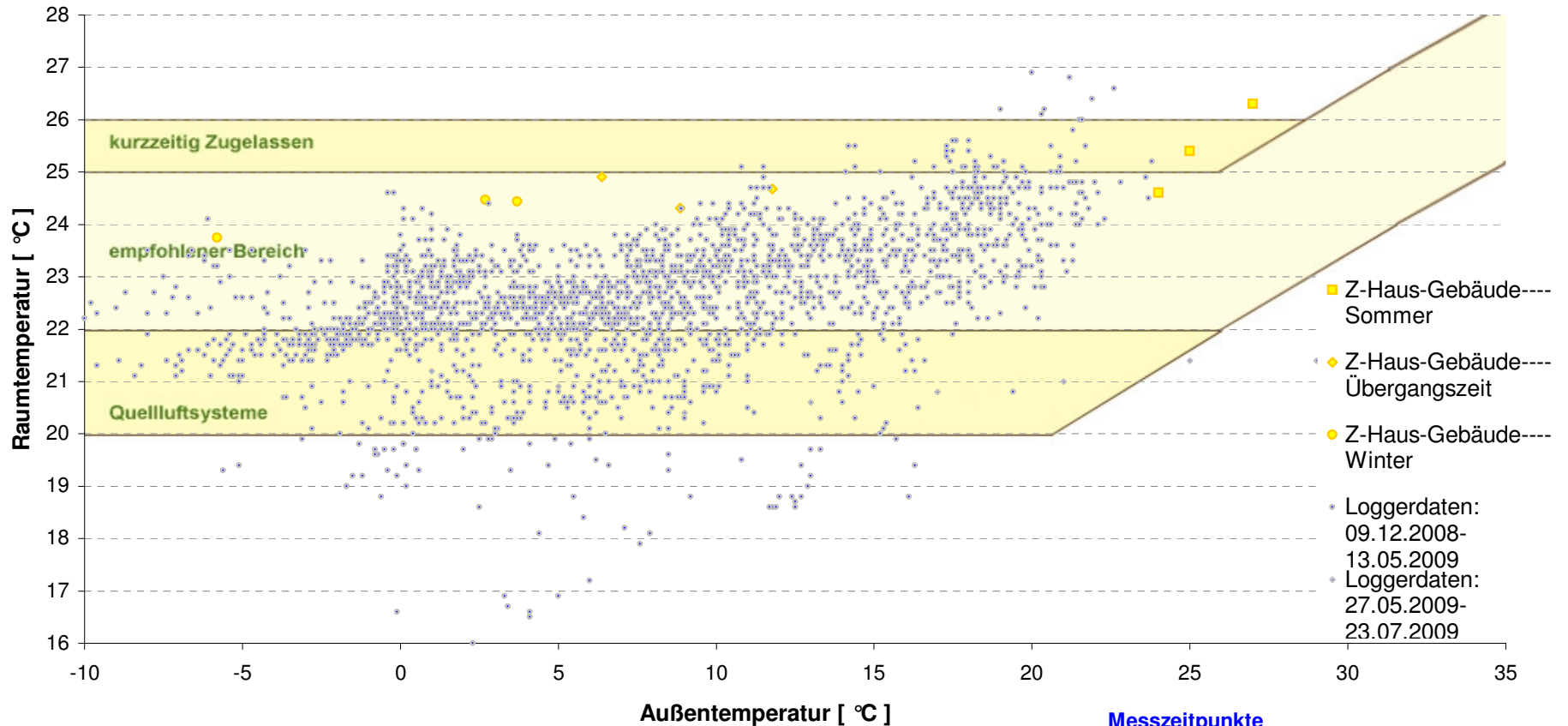
- Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09
- Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09
- DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09
- Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Haus Raum: B214**  
2er Büro-west

Langzeitmessung: B522



- Z-Haus-Gebäude---- Sommer
- ◆ Z-Haus-Gebäude---- Übergangszeit
- Z-Haus-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten: 09.12.2008-13.05.2009
- Loggerdaten: 27.05.2009-23.07.2009

**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
- Aktivitätsstufen I und II  
- leichte bis mittlere Bekleidung

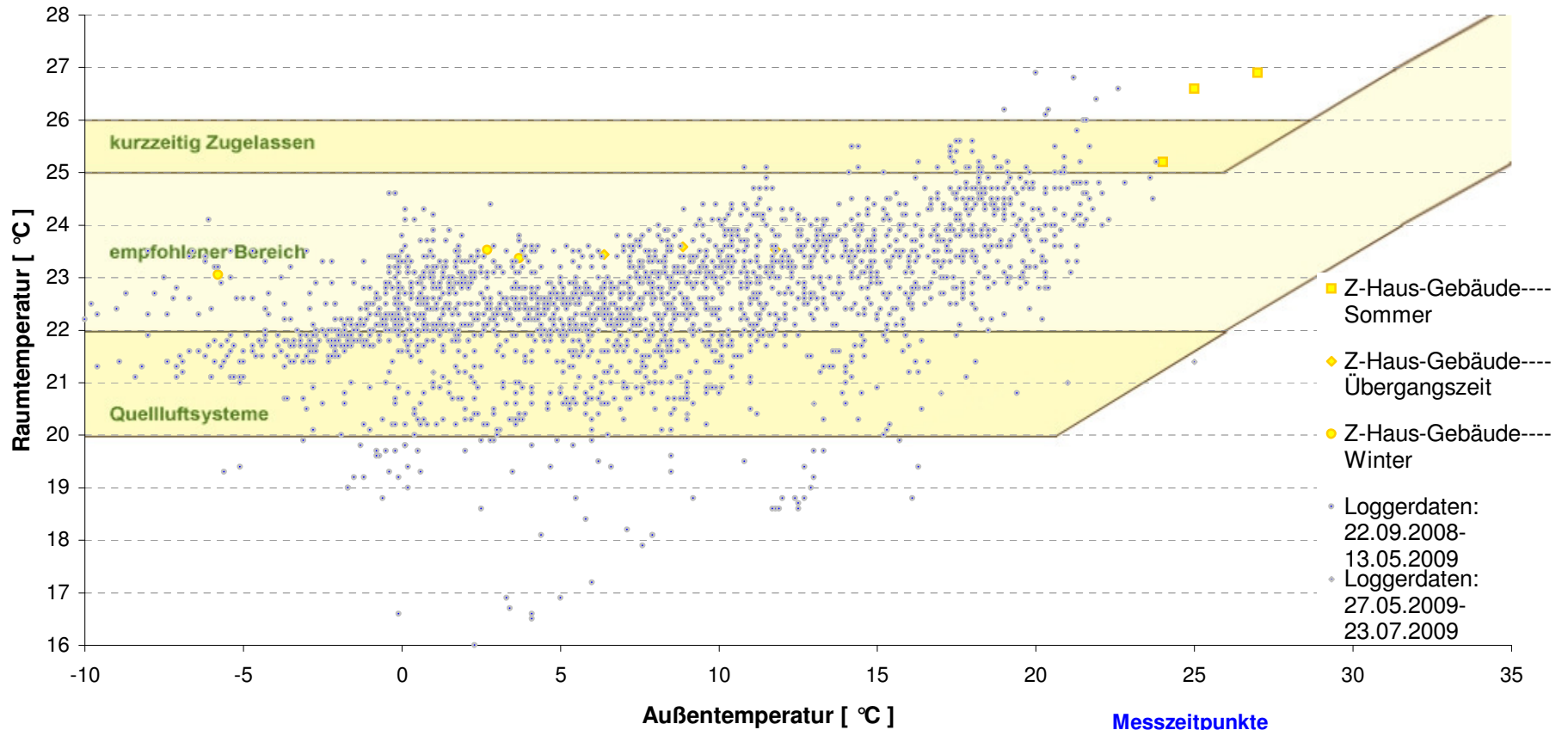
**Messzeitpunkte**  
Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Haus Raum: B434**  
Einzelbüro-west

Langzeitmessung: B522



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

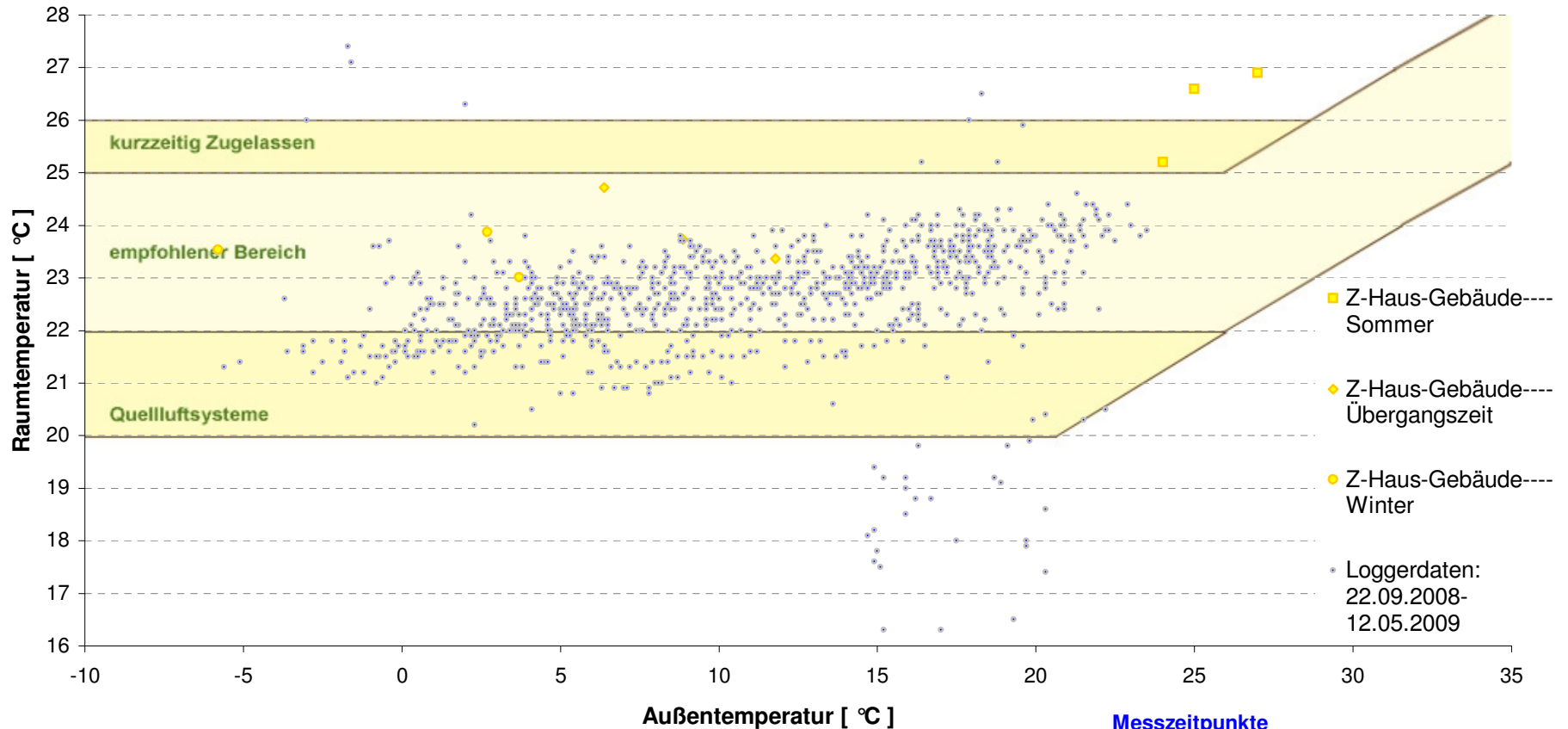
**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Haus Raum: B437**  
2er Büro-ost

Langzeitmessung: B517



- Z-Haus-Gebäude---- Sommer
- ◆ Z-Haus-Gebäude---- Übergangszeit
- Z-Haus-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten: 22.09.2008-12.05.2009

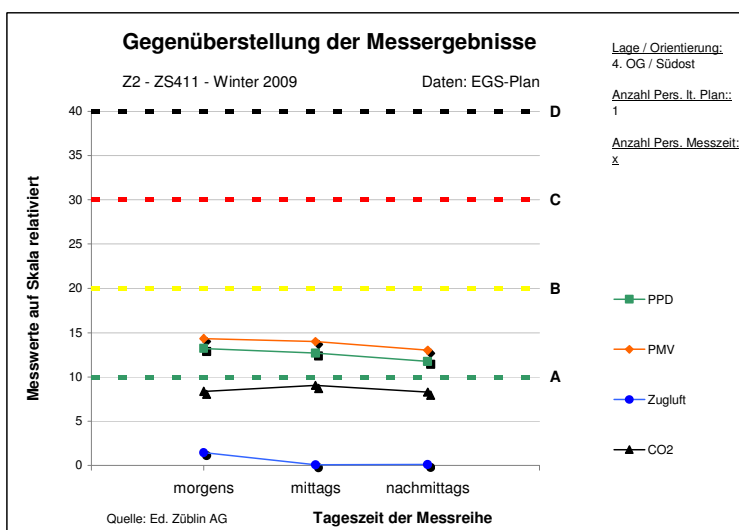
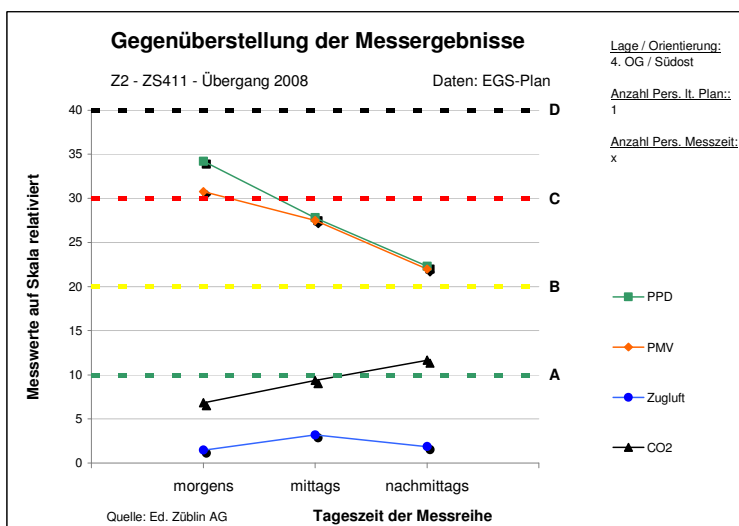
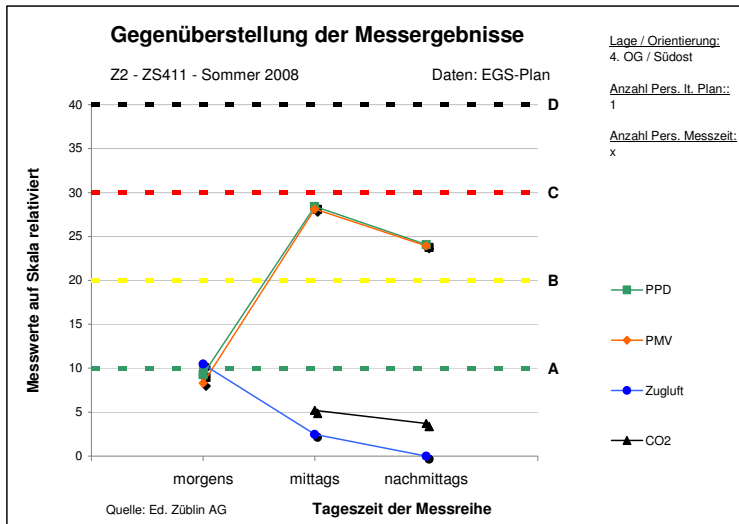
**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
- Aktivitätsstufen I und II  
- leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**  
Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
Messwertequalität = 97 %

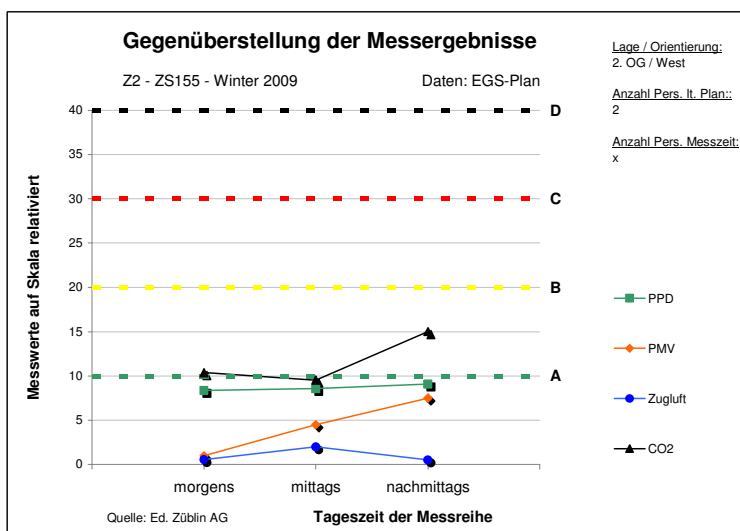
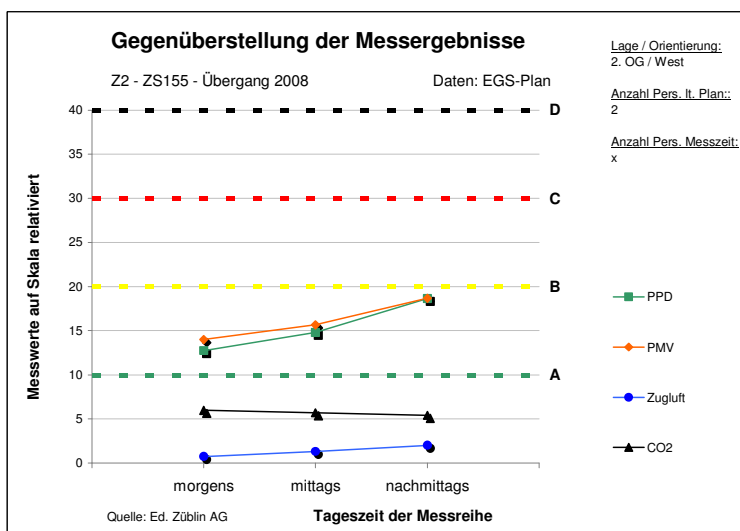
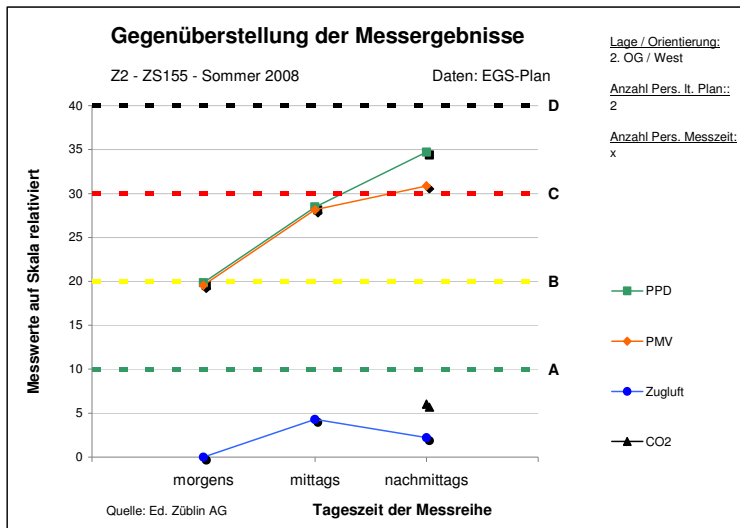
**Anlage 3:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)*  
*zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | Kurzzeit-Messungen (Nutzerkomfort) –<br>Gesamtdiagramm pro Jahreszeit |  | Seite |
|----------|---|--|-------|
| <b>1</b> | Einzelbüro, ZS 411, Südost  |  | 2     |
| <b>2</b> | 2-Personenbüro, ZS 155 West   |  | 3     |
| <b>3</b> | Großraumbüro, ZN 047, Ost-West  |  | 4     |

**Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)**  
 zu Bericht: Kapitel 3.11

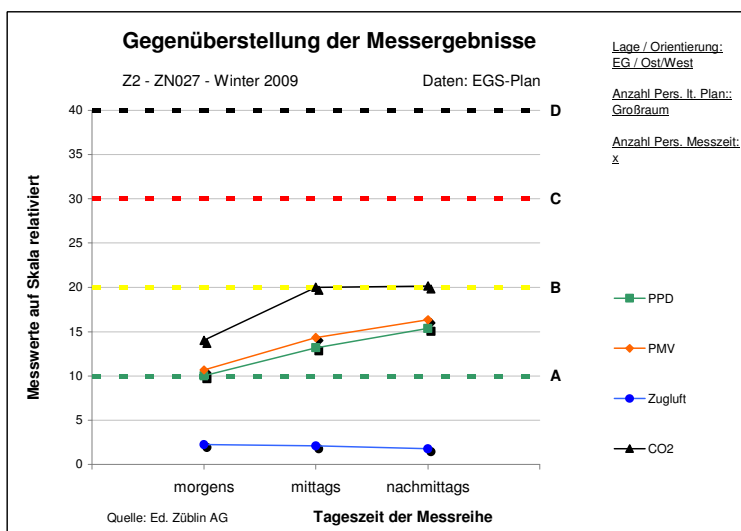
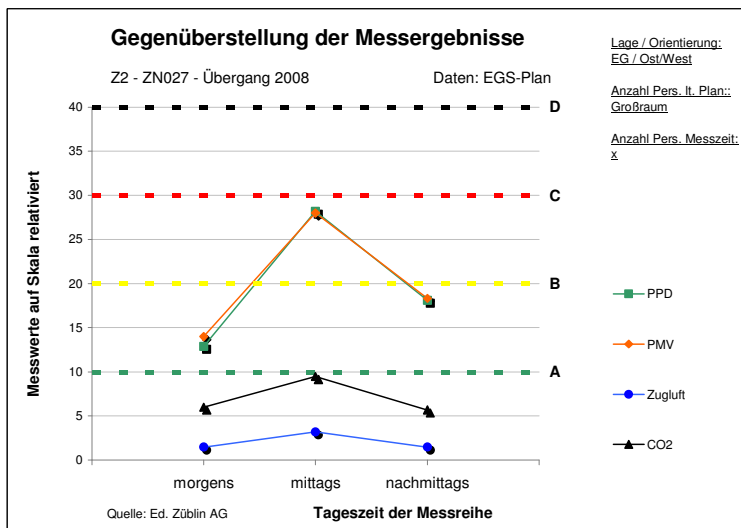
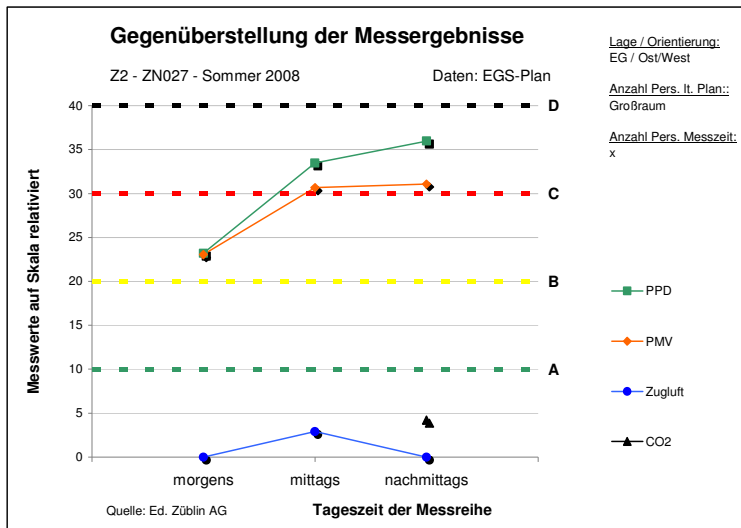


Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
 zu Bericht: Kapitel 3.11





Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
zu Bericht: Kapitel 3.11



**Anlage 4:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11*

**Darstellung in Behaglichkeitsfeldern <sup>\*)</sup>, <sup>\*\*)</sup>**

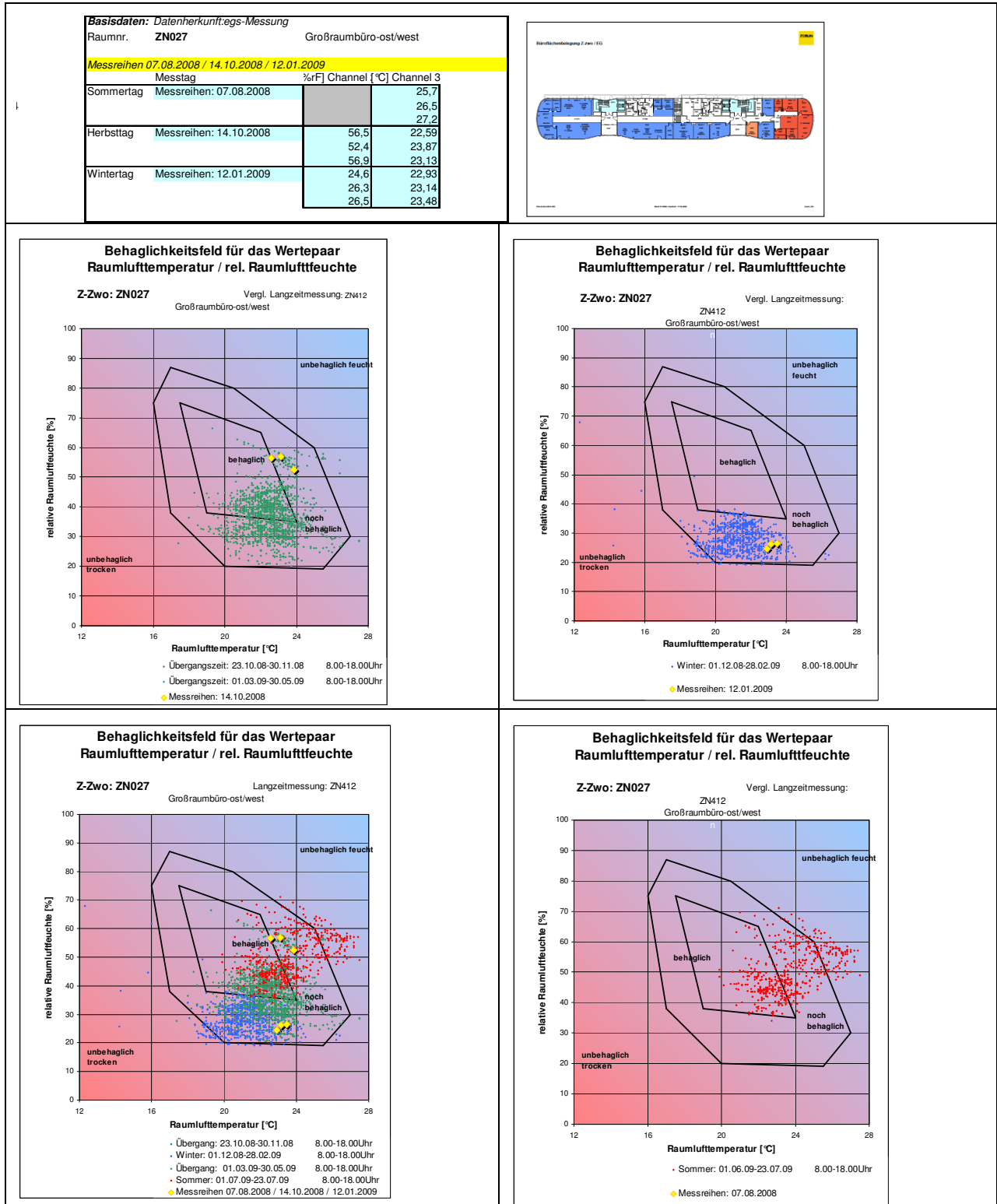
|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>       | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen<br/><sup>***)</sup></b> | <b>Seite</b> |
|----------|-----------------------------------|---|--------------|
| <b>1</b> | Großraumbüro, ZN027, Ost-West     | ZN412   | 2            |
| <b>2</b> | Großraumbüro, ZN411, Nord/Ost     | ZN412   | 3            |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, ZS155, West       | -   | 4            |
| <b>4</b> | 1-Personenbüro, ZS411, Süd/Ost    | ZS211   | 5            |
| <b>5</b> | 2-Personenbüro, ZS416, West südl. | ZS211   | 6            |
| <b>6</b> | 2-Personenbüro, ZS420, Ost        | ZS211   | 7            |

\*) für Übergangszeit und Winter

\*\*\*) in Sommer Messreihe (EGS-Plan) wurden keine relativen Raumlufffeuchte gemessen, erst ab Messreihe Übergangszeit

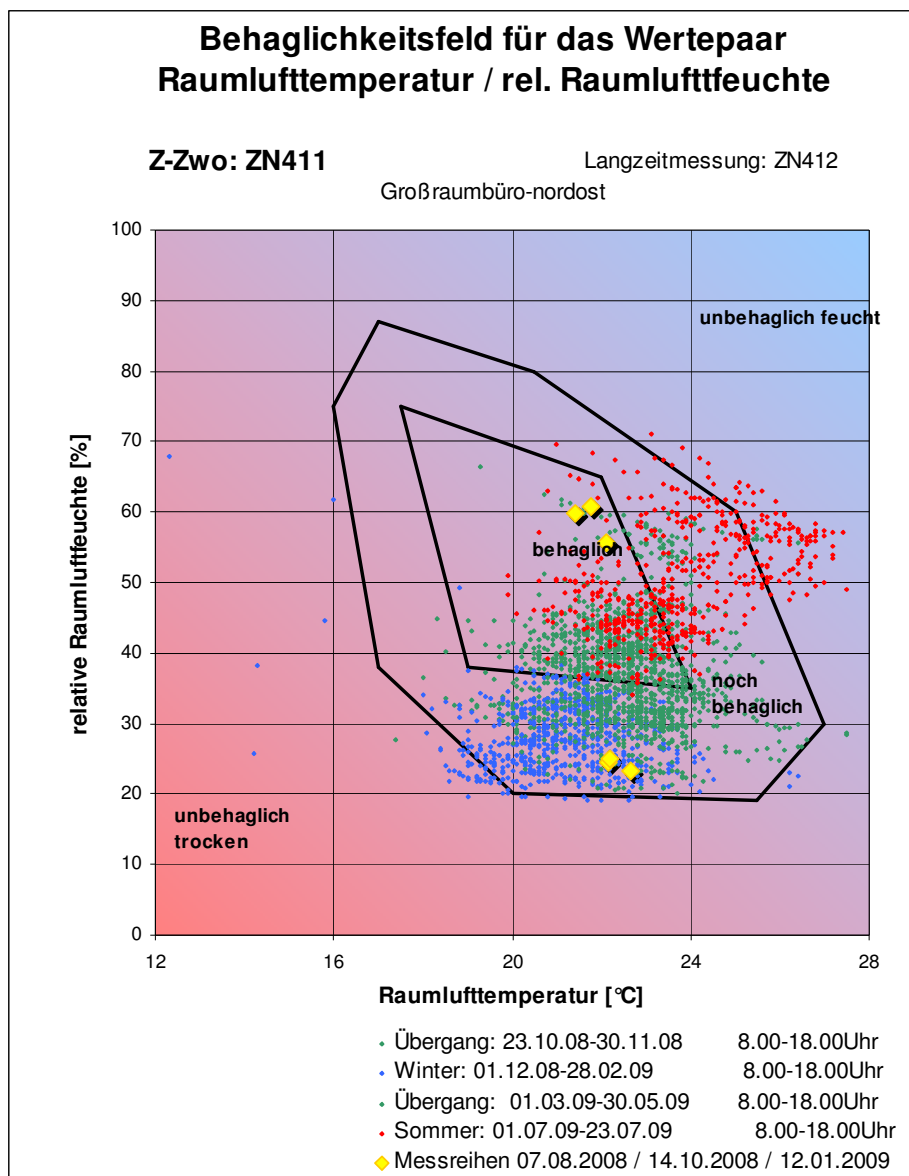
\*\*\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008

**Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11**



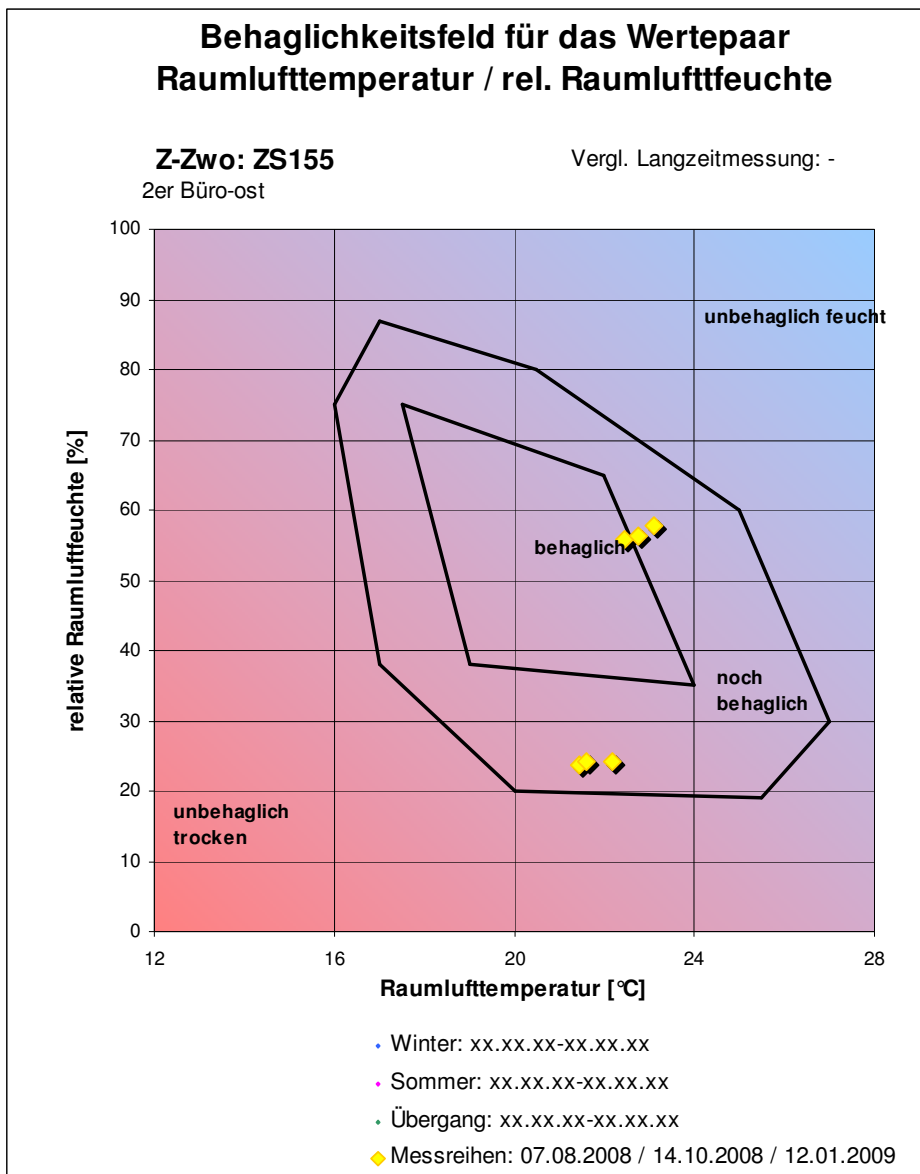
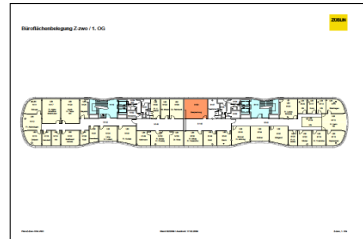
Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

|  |                        |                      |                         |
|--|------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Basisdaten:</b> Datenherkunft: EGS-Messung          |                        |                      |                         |
| Raumnr.  | ZN411                  |                      |                         |
| <b>Messreihen 07.08.2008 / 14.10.2008 / 12.01.2009</b> |                        |                      |                         |
| Messtag  | %rF                    | Channel [°C]         | Channel 3               |
| Sommertag  | Messreihen: 07.08.2008 |                      | 26,4<br>27,8<br>27,8    |
| Herbsttag  | Messreihen: 14.10.2008 | 55,7<br>59,7<br>60,8 | 22,13<br>21,41<br>21,77 |
| Wintertag  | Messreihen: 12.01.2009 | 24,4<br>24,9<br>23,4 | 22,16<br>22,19<br>22,65 |



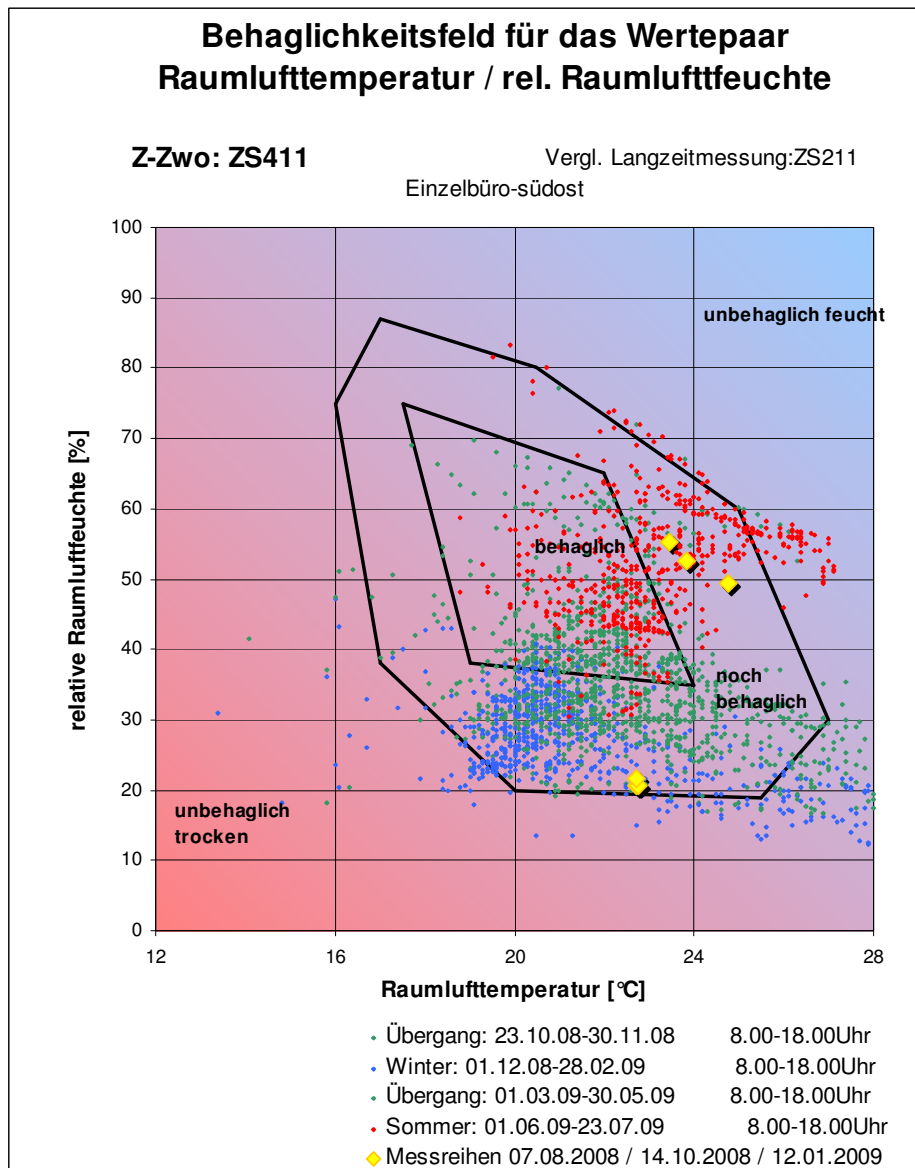
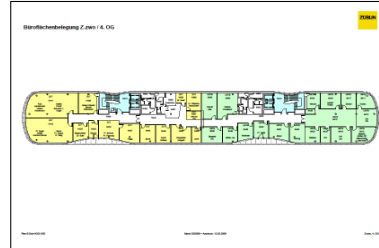
Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

|   |                        |      |           |
|---|------------------------|------|-----------|
| <b>Basisdaten:</b> Datenherkunft: EGS-Messung           |                        |      |           |
| Raumnr.   | ZS155                  |      |           |
| <b>Messreihen:</b> 07.08.2008 / 14.10.2008 / 12.01.2009 |                        |      |           |
| Messtag   | Messreihen:            | %rF  | Channel 3 |
| Sommertag   | Messreihen: 07.08.2008 |      | 25,7      |
|   |                        |      | 26,5      |
|   |                        |      | 27,3      |
| Herbsttag   | Messreihen: 14.10.2008 | 55,9 | 22,43     |
|   |                        | 56,2 | 22,75     |
|   |                        | 57,7 | 23,11     |
| Wintertag   | Messreihen: 12.01.2009 | 23,8 | 21,46     |
|   |                        | 24,1 | 21,61     |
|   |                        |      | 22,19     |



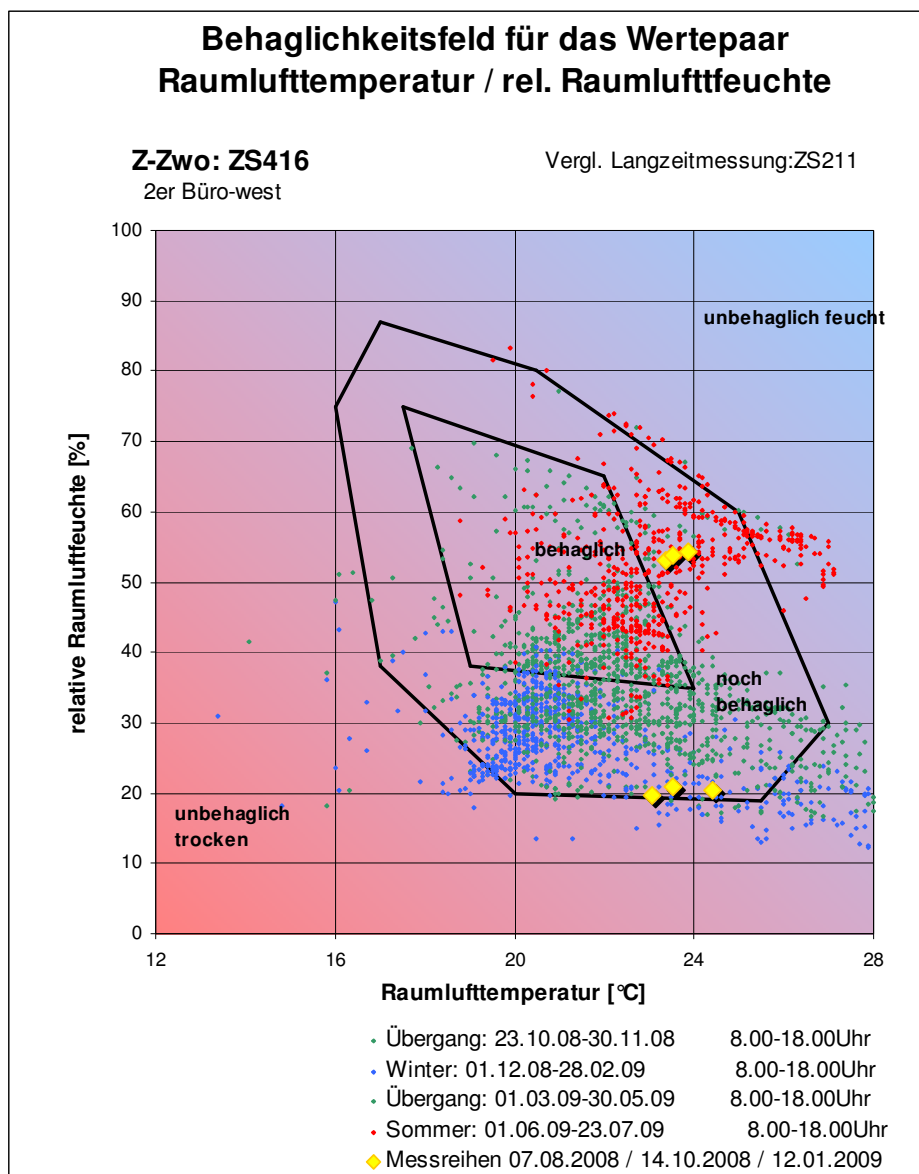
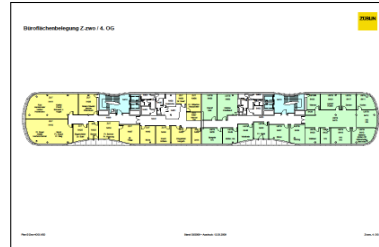
Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

|  |                        |      |                        |
|--|------------------------|------|------------------------|
| <b>Basisdaten:</b> Datenherkunft: egs-Messung          |                        |      |                        |
| Raumnr. <b>ZS411</b>                                   |                        |      |                        |
| <b>Messreihen 07.08.2008 / 14.10.2008 / 12.01.2009</b> |                        |      |                        |
|  | Messtag                | %rF  | Channel [°C] Channel 3 |
| Sommertag  | Messreihen: 07.08.2008 |      | 25,6                   |
|  |                        |      | 26,6                   |
|  |                        |      | 25,8                   |
| Herbsttag  | Messreihen: 14.10.2008 | 49,3 | 24,78                  |
|  |                        | 52,5 | 23,82                  |
|  |                        | 55,2 | 23,44                  |
| Wintertag  | Messreihen: 12.01.2009 | 20,6 | 22,72                  |
|  |                        | 20,6 | 22,75                  |
|  |                        | 21,5 | 22,7                   |



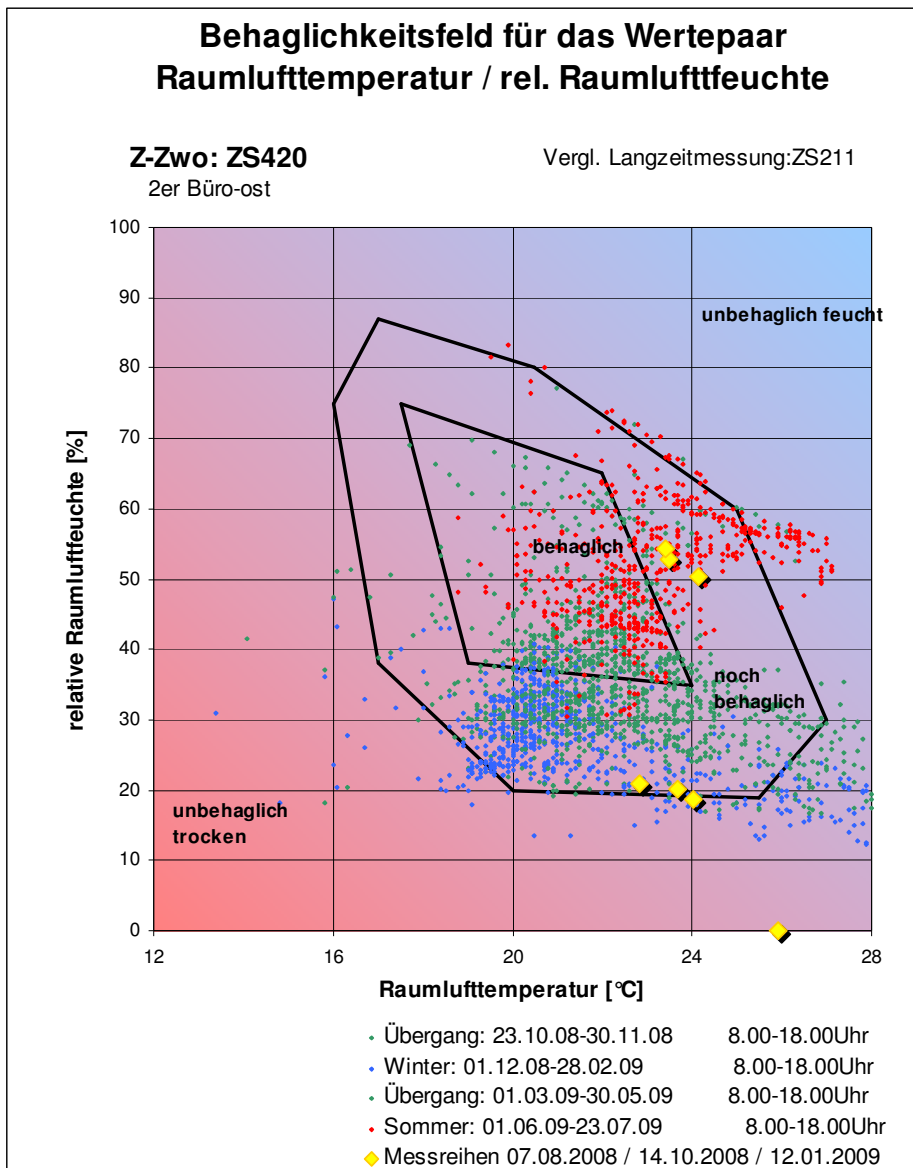
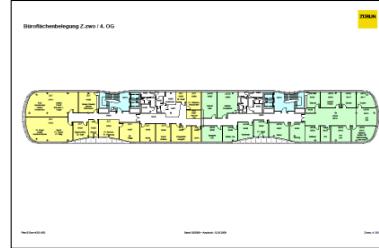
Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

|  |                        |                      |                         |
|--|------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Basisdaten:</b> Datenherkunft: egs-Messung          |                        |                      |                         |
| Raumnr. <b>ZS416</b>                                   |                        |                      |                         |
| <b>Messreihen 07.08.2008 / 14.10.2008 / 12.01.2009</b> |                        |                      |                         |
| Messtag  | %rF                    | Channel [°C]         | Channel 3               |
| Sommertag  | Messreihe : 07.08.2008 |                      | 25,4<br>26,2<br>26,2    |
| Herbsttag  | Messreihe : 14.10.2008 | 53<br>53,7<br>54,4   | 23,36<br>23,54<br>23,86 |
| Wintertag  | Messreihe : 12.01.2009 | 19,6<br>20,9<br>20,3 | 23,06<br>23,52<br>24,4  |



**Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
 Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11**

|  |                        |                      |                         |
|--|------------------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Basisdaten: Datenherkunft: egs-Messung</b>          |                        |                      |                         |
| Raumnr. <b>ZS420</b>                                   |                        |                      |                         |
| <b>Messreihen 07.08.2008 / 14.10.2008 / 12.01.2009</b> |                        |                      |                         |
| Messtag  | %rF                    | Channel [°C]         | Channel 3               |
| Sommertag  | Messreihen: 07.08.2008 | keine Angabe         | 25,9<br>26,8<br>26,9    |
| Herbsttag  | Messreihen: 14.10.2008 | 50,3<br>52,8<br>54,3 | 24,15<br>23,5<br>23,42  |
| Wintertag  | Messreihen: 12.01.2009 | 18,6<br>20,2<br>20,8 | 24,03<br>23,67<br>22,85 |





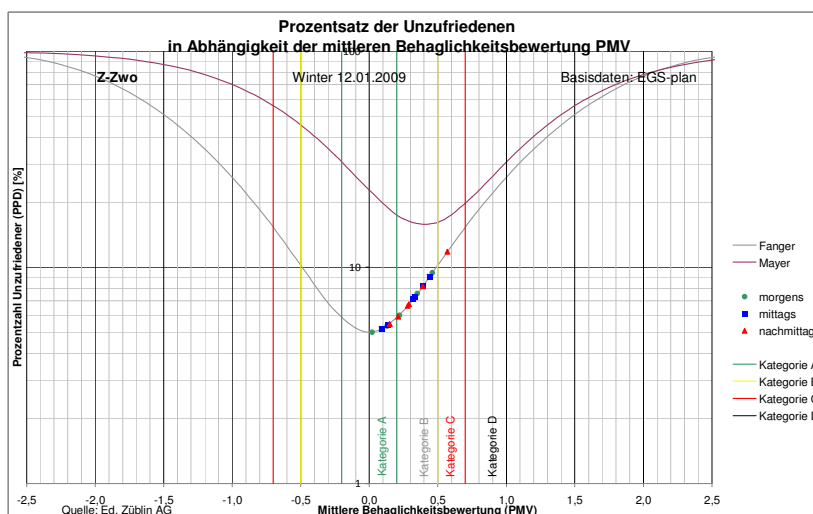
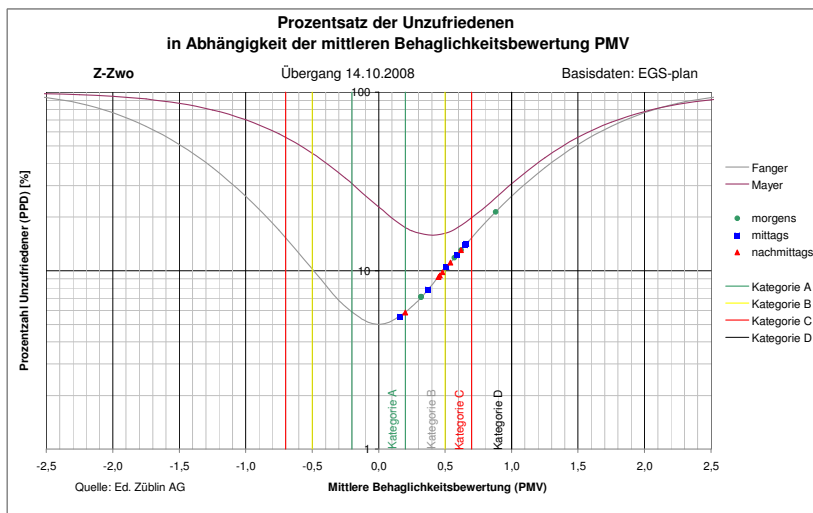
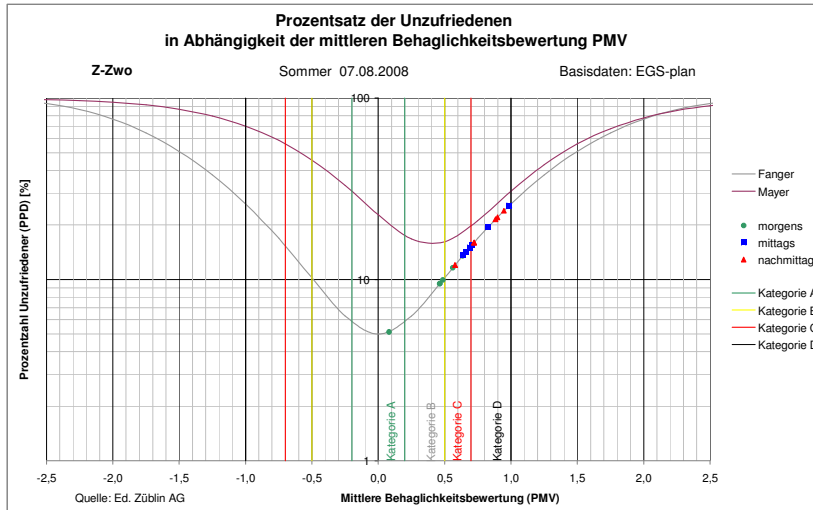
**Anlage 5:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | <b>Räume</b>                      |  |  |
|----------|-----------------------------------|--|--|
| <b>1</b> | Großraumbüro, ZN027, Ost-West     |  |  |
| <b>2</b> | Großraumbüro, ZN411, Nord/Ost     |  |  |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, ZS155, West       |  |  |
| <b>4</b> | 1-Personenbüro, ZS411, Süd/Ost    |  |  |
| <b>5</b> | 2-Personenbüro, ZS416, West südl. |  |  |
| <b>6</b> | 2-Personenbüro, ZS420, Ost        |  |  |

## Anlage 5: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11

### Z-Zwo

#### Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve



**Anlage 6:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11*

**Darstellung in Behaglichkeitsbereichen am Arbeitsplatz  
nach DIN 1946 - 2<sup>\*)</sup>, <sup>\*\*)</sup>**

|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>       | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen<br/>***)</b> | <b>Seite</b> |
|----------|-----------------------------------|--|--------------|
| <b>1</b> | Großraumbüro, ZN027, Ost-West     | ZN412  | 2            |
| <b>2</b> | Großraumbüro, ZN411, Nord/Ost     | ZN412  | 3            |
| <b>3</b> | 2-Personenbüro, ZS155, West       | -  | 4            |
| <b>4</b> | 1-Personenbüro, ZS411, Süd/Ost    | ZS211  | 5            |
| <b>5</b> | 2-Personenbüro, ZS416, West südl. | ZS211  | 6            |
| <b>6</b> | 2-Personenbüro, ZS420, Ost        | ZS211  | 7            |

\*) für Übergangszeit und Winter

\*\*\*) in Sommer Messreihe (EGS-Plan) wurden keine relativen Raumlufffeuchte gemessen, erst ab Messreihe Übergangszeit

\*\*\*\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008

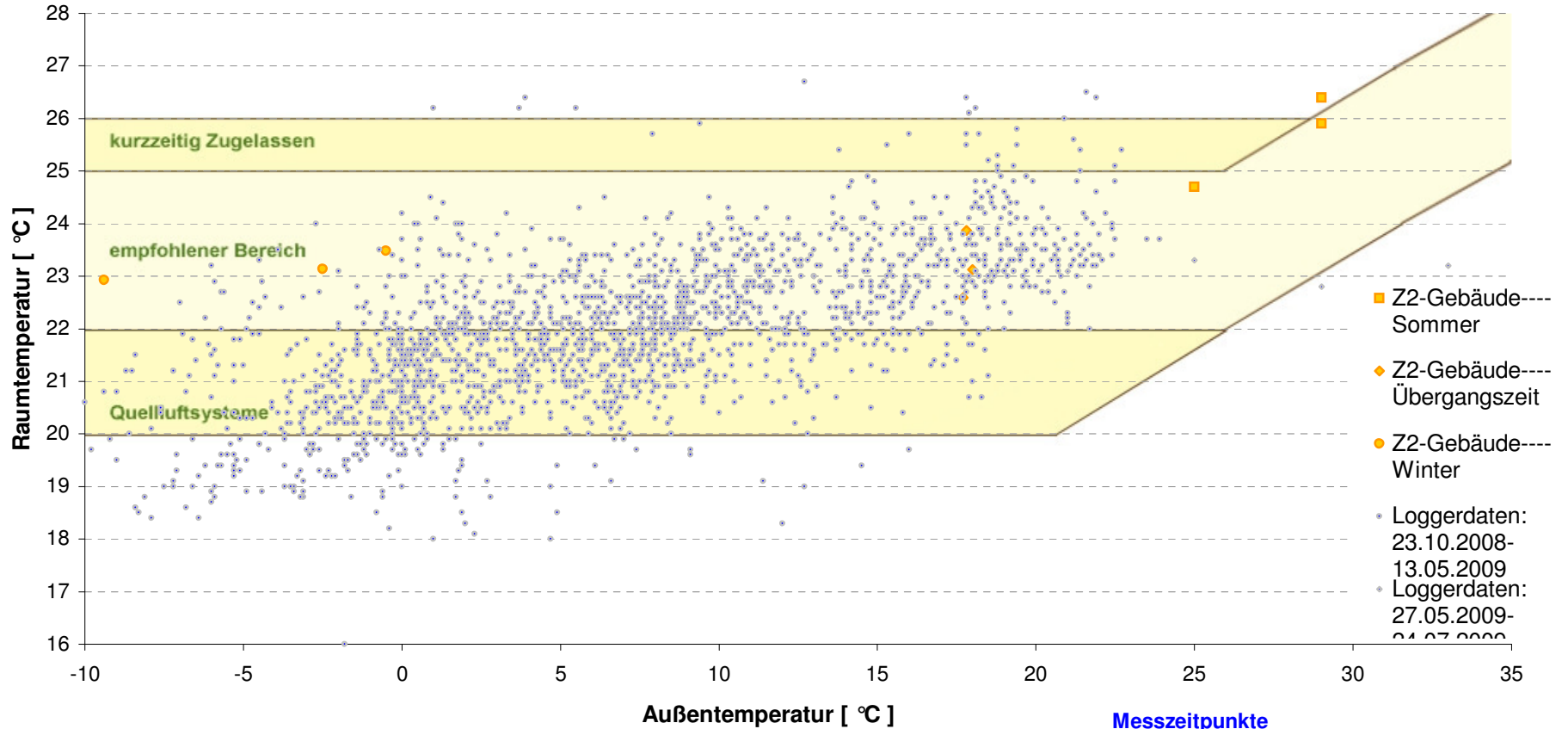
Anlage enthält 7 Seiten

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZN027**  
Großraumbüro-ost/west

Langzeitmessung: ZN412



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

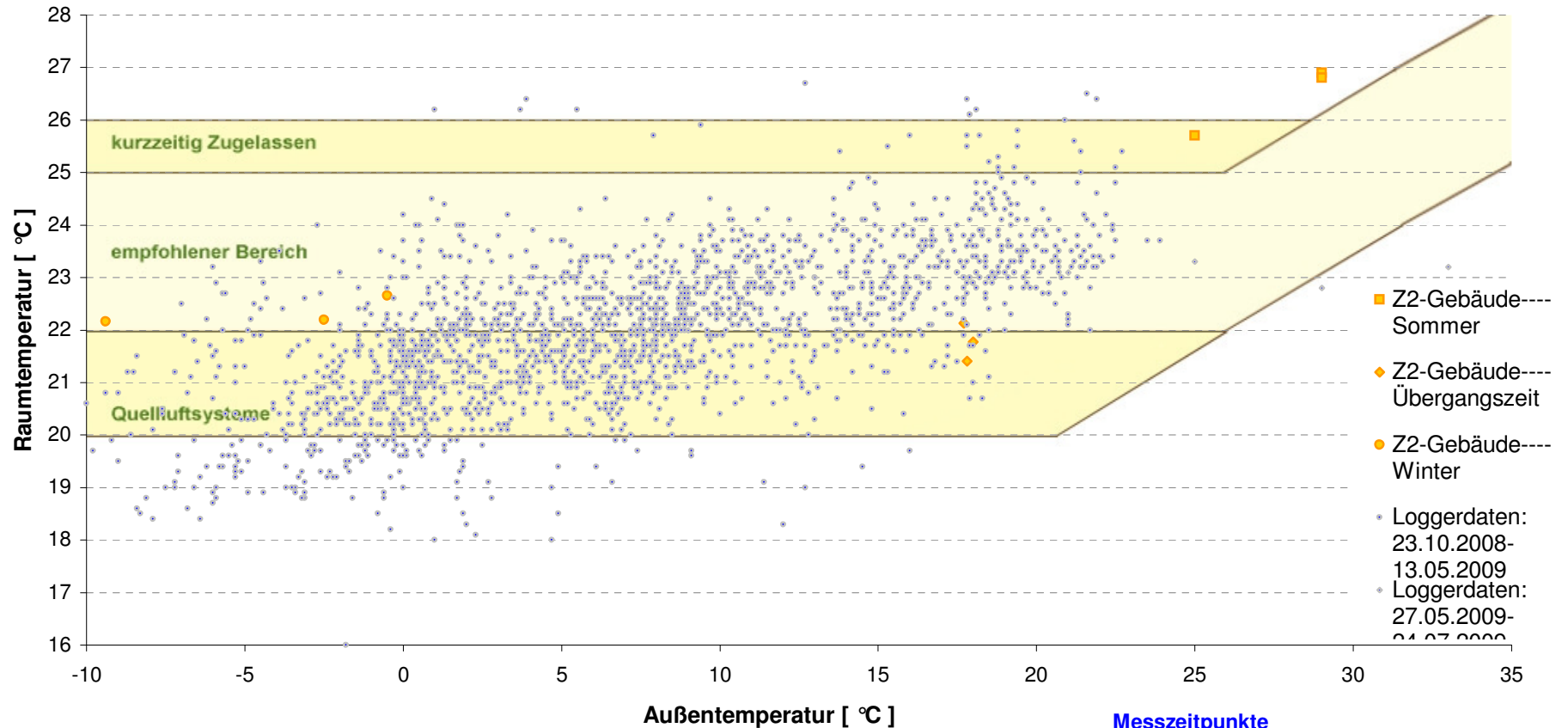
**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZN411**  
Großraumbüro-nordost

Langzeitmessung: ZN412



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
- Aktivitätsstufen I und II  
- leichte bis mittlere Bekleidung

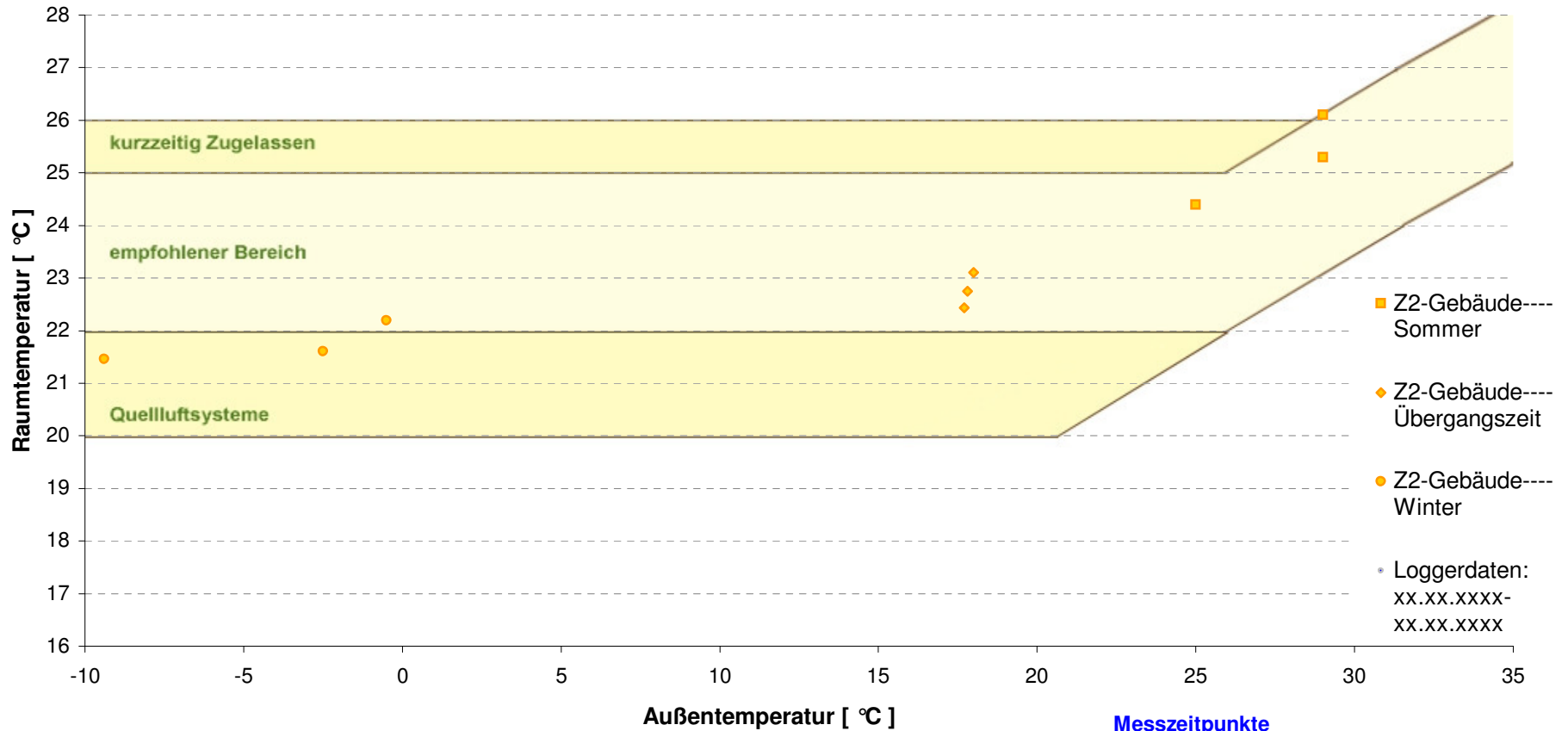
**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZS155**  
2er Büro-ost

Langzeitmessung: -



- Z2-Gebäude--- Sommer
- ◆ Z2-Gebäude--- Übergangszeit
- Z2-Gebäude--- Winter
- Loggerdaten:  
xx.xx.xxxx-  
xx.xx.xxxx

**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

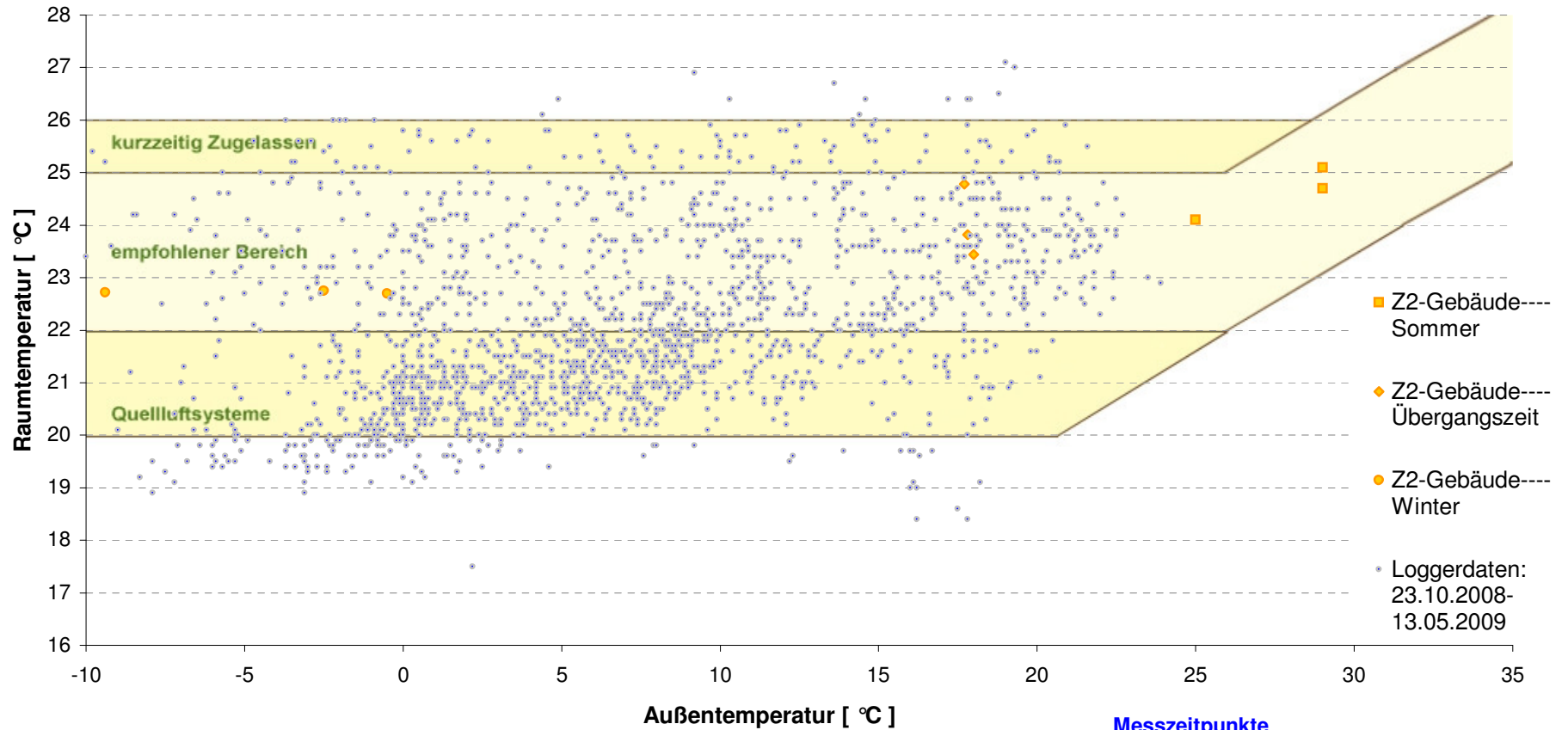
**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZS411**  
Einzelbüro-südost

Langzeitmessung: ZS211



- Z2-Gebäude---- Sommer
- ◆ Z2-Gebäude---- Übergangszeit
- Z2-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten:  
23.10.2008-  
13.05.2009

**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

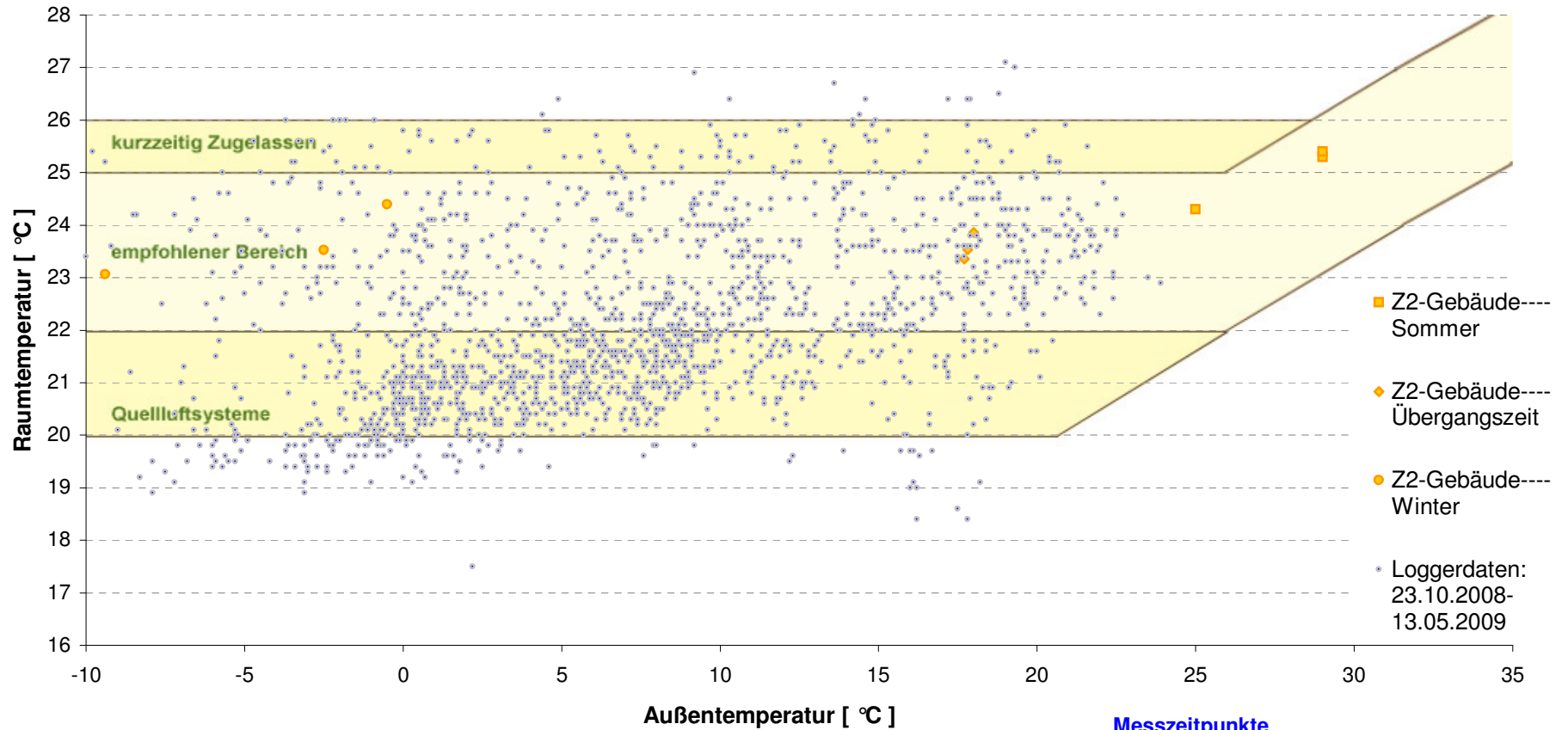
Quelle: EGS + Ed. Züblin AG

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZS416**  
Einzelbüro-südost

Langzeitmessung: ZS211



- Z2-Gebäude--- Sommer
- ◆ Z2-Gebäude--- Übergangszeit
- Z2-Gebäude--- Winter
- Loggerdaten: 23.10.2008-13.05.2009

**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertqualität = 97 %

**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

Quelle: EGS + Ed. Züblin AG

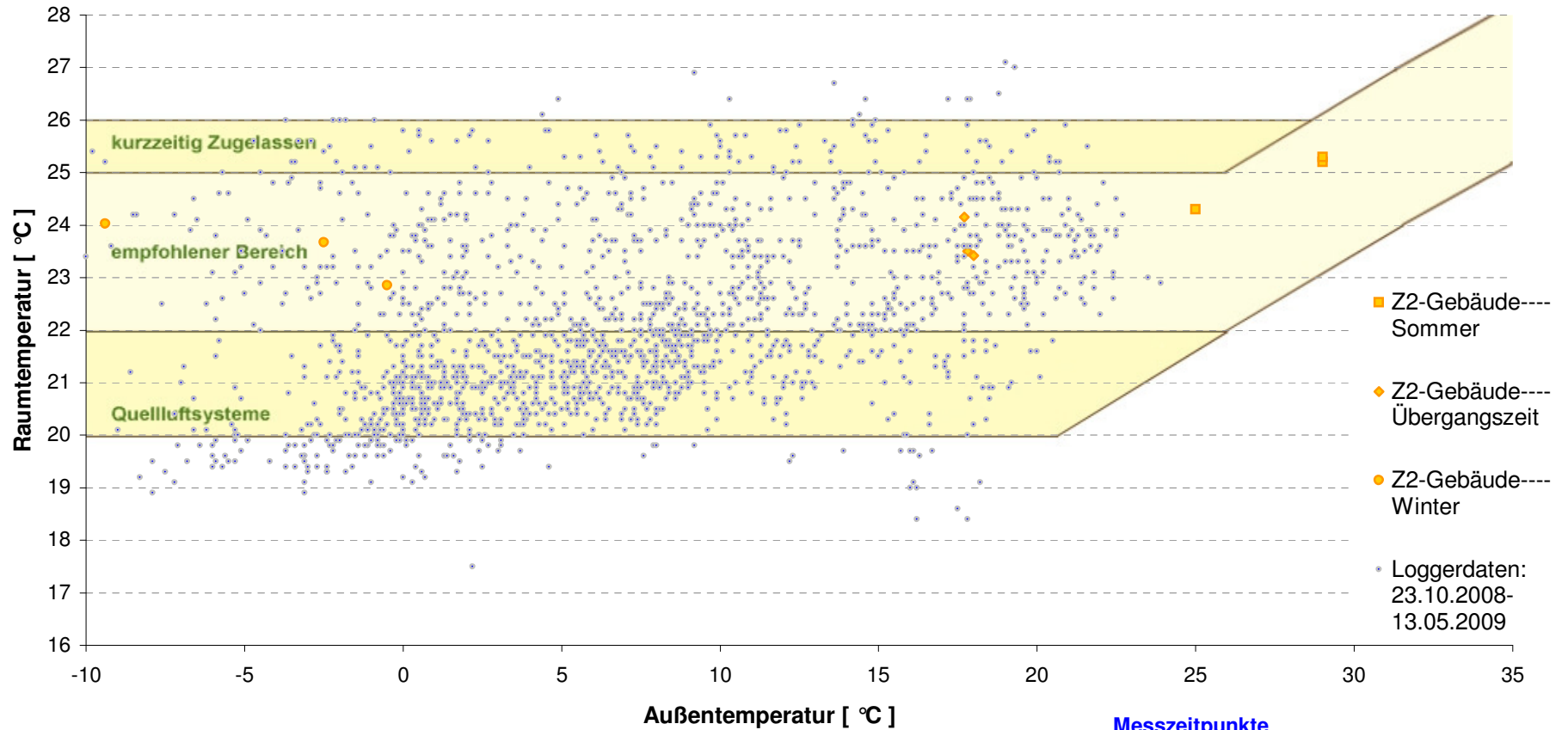


# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**Z-Zwo Raum: ZS420**  
Einzelbüro-südost

Langzeitmessung: ZS211



- Z2-Gebäude---- Sommer
- ◆ Z2-Gebäude---- Übergangszeit
- Z2-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten:  
23.10.2008-  
13.05.2009

**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

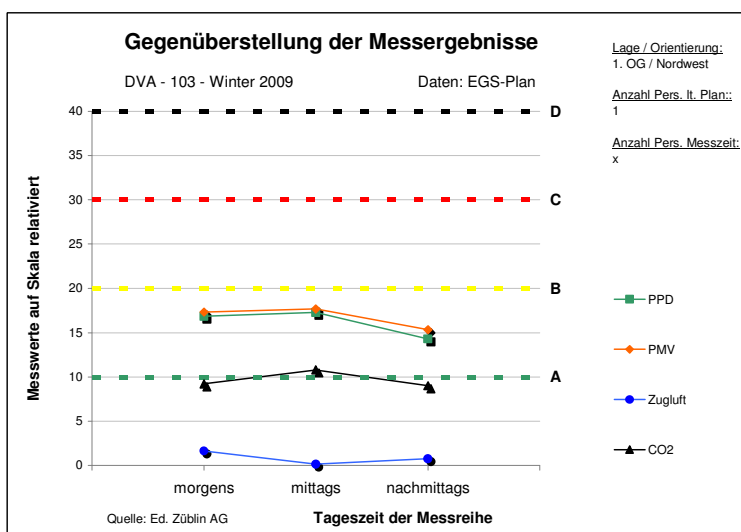
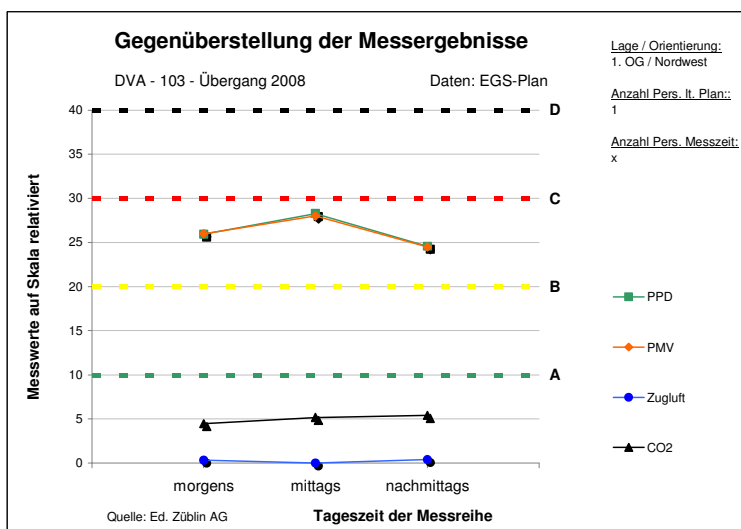
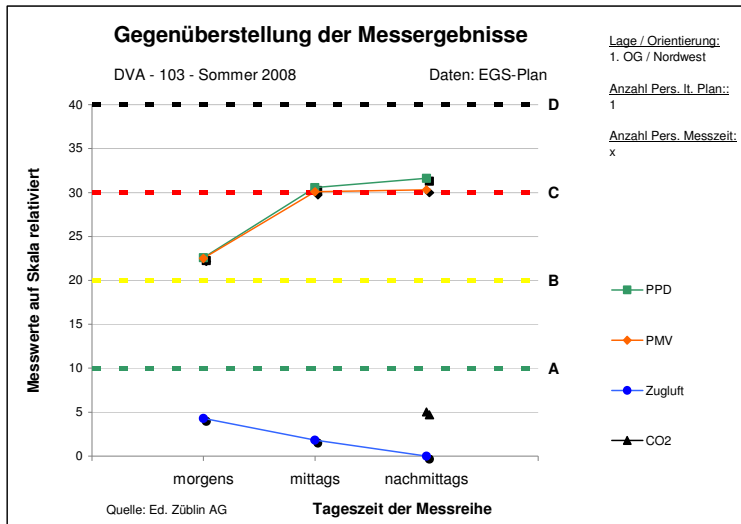
- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

Quelle: EGS + Ed. Züblin AG

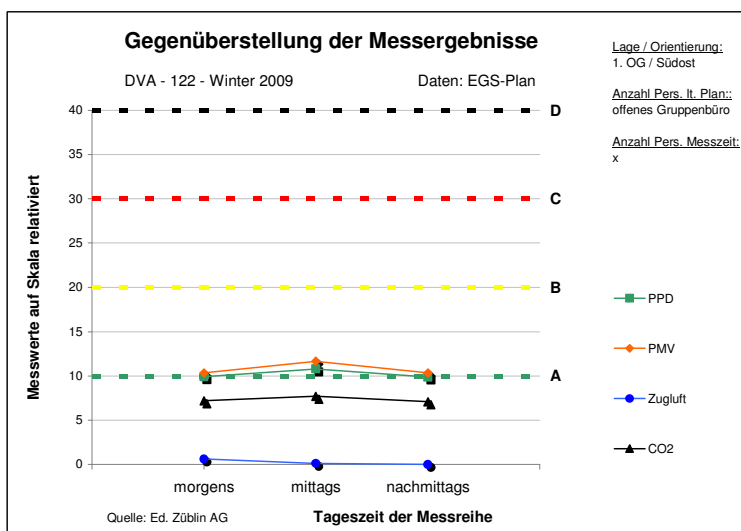
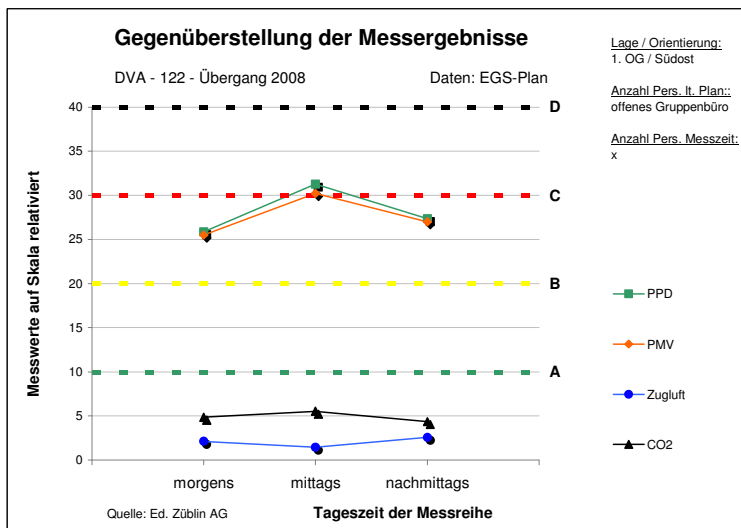
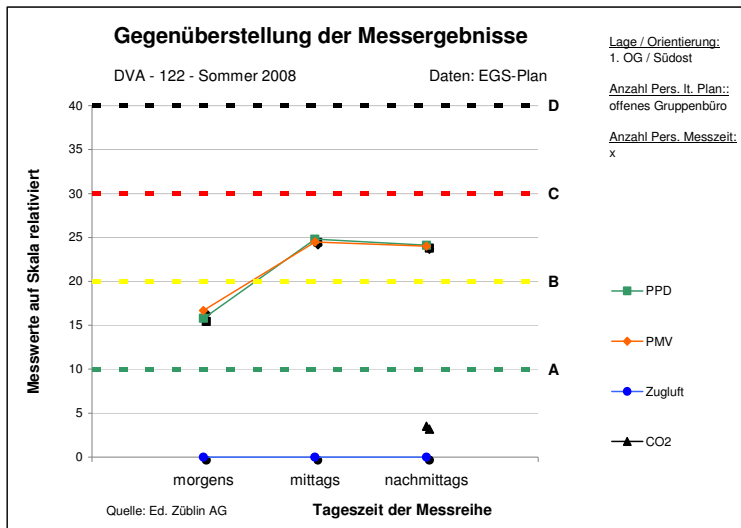
**Anlage 3:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)*  
*zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | Kurzzeit-Messungen (Nutzerkomfort) –<br>Gesamtdiagramm pro Jahreszeit |  | Seite |
|----------|---|--|-------|
| <b>1</b> | Einzelbüro, 103, Nordwest   |  | 2     |
| <b>2</b> | Gruppenbüro, 122, Südost  |  | 3     |
| <b>3</b> | Einzelbüro, 208, Südost   |  | 4     |

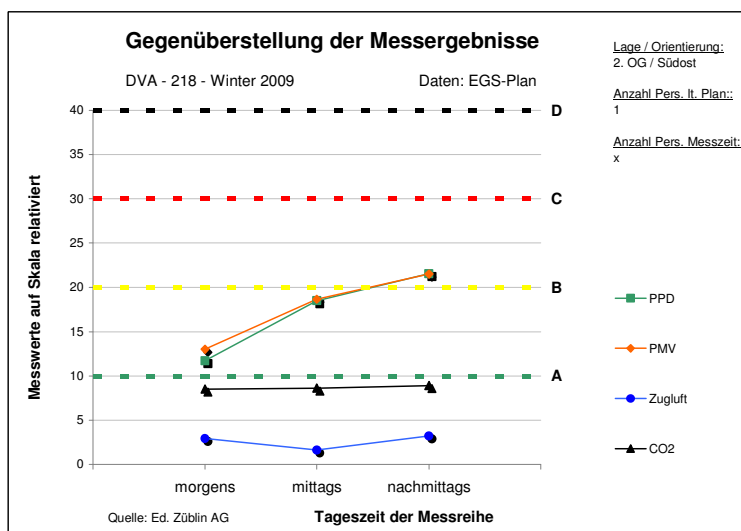
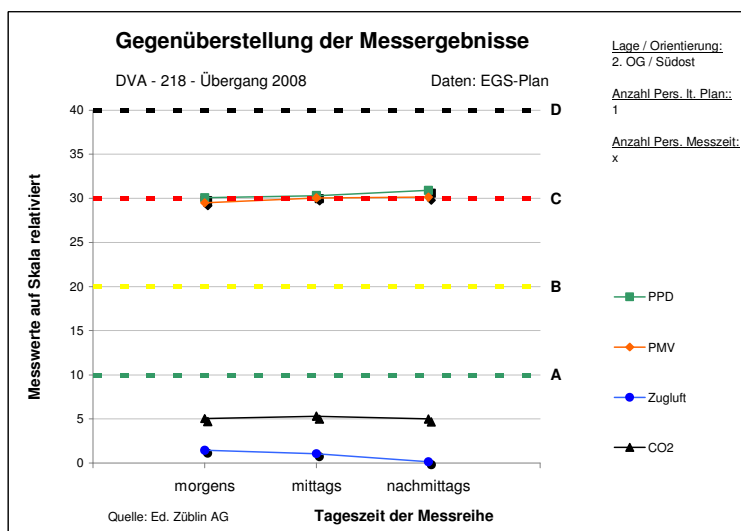
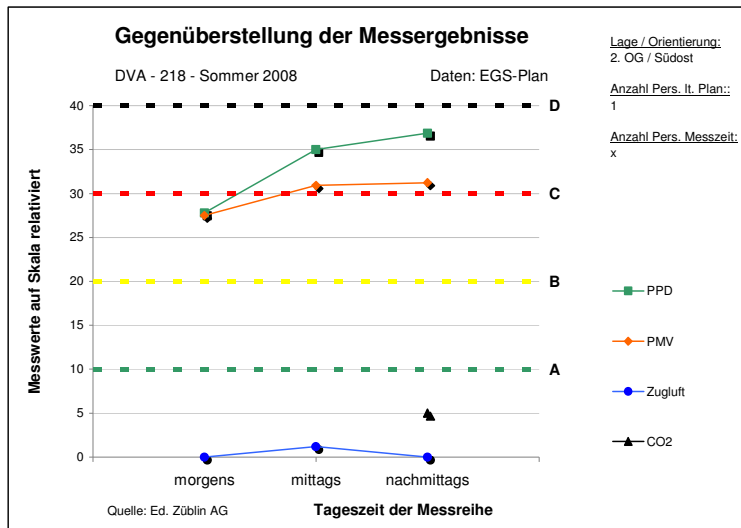
Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
 zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
zu Bericht: Kapitel 3.11



Anlage 3: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (Ed. Züblin AG)  
zu Bericht: Kapitel 3.11



**Anlage 4:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11*

**Darstellung in Behaglichkeitsfeldern**

|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>        | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen</b> | <b>Seite</b> |
|----------|------------------------------------|---|--------------|
|          |                                    | *)  |              |
| <b>1</b> | Einzelbüro, 103, Nordwest          | -   | 2            |
| <b>2</b> | Offenes Gruppenbüro, 117, Südost   | 122   | 3            |
| <b>3</b> | Offenes Gruppenbüro, 122, Südost   | 122   | 4            |
| <b>4</b> | Offenes Gruppenbüro, 206, Nordwest | 235   | 5            |
| <b>5</b> | Einzelbüro, 218, Südost            | -   | 6            |
| <b>6</b> | Offenes Gruppenbüro, 221, Südost   | 212   | 7            |

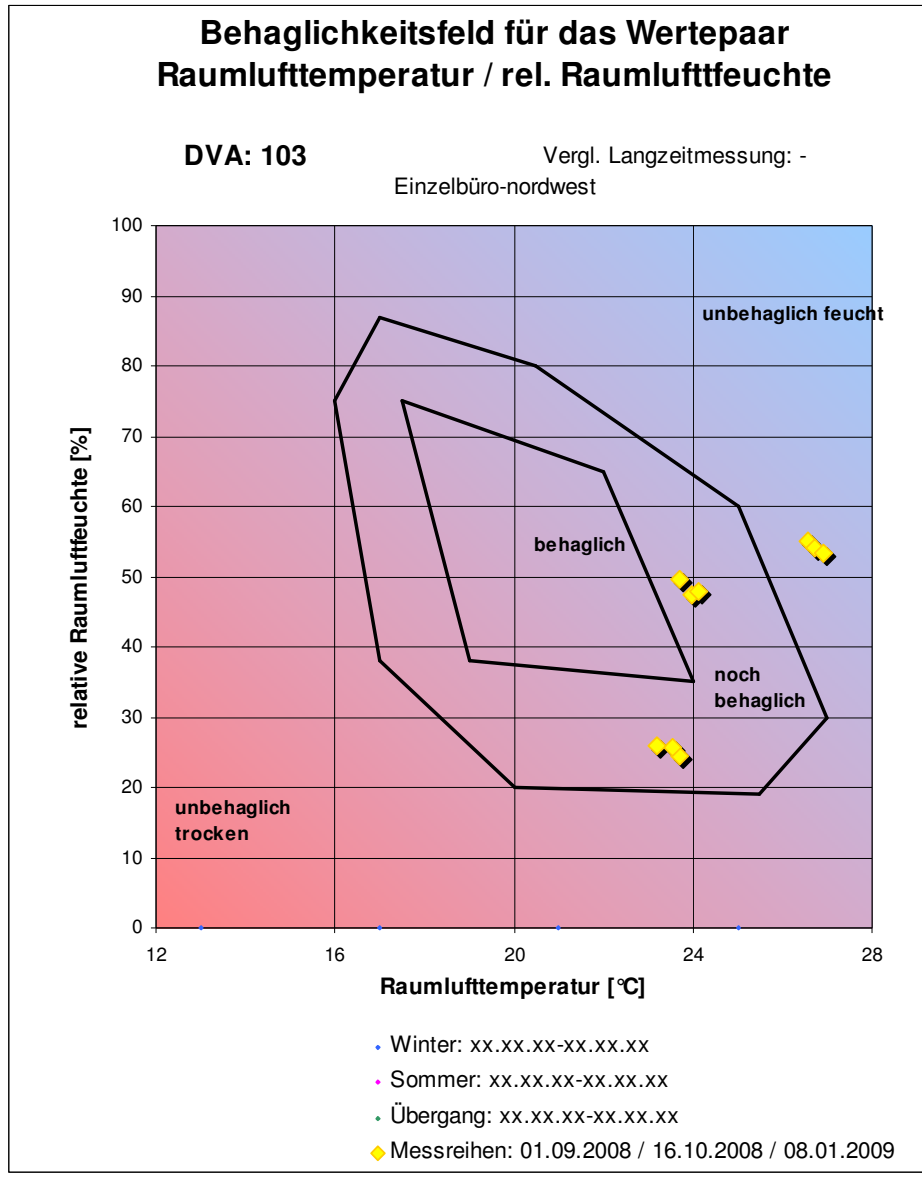
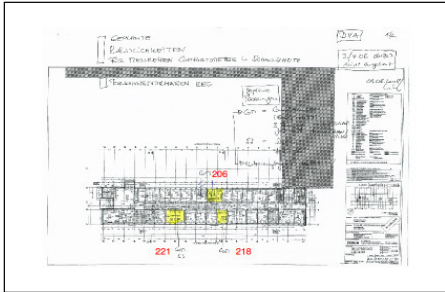
\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008

Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
Raumnr. **103** Einzelbüro nordwest

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|--------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 55,0 | 26,55        |           |
|           |                        | 54,0 | 26,72        |           |
|           |                        | 53,4 | 26,91        |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 47,3 | 23,97        |           |
|           |                        | 47,9 | 24,11        |           |
|           |                        | 49,7 | 23,7         |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 24,4 | 23,69        |           |
|           |                        | 25,6 | 23,56        |           |
|           |                        | 25,9 | 23,19        |           |

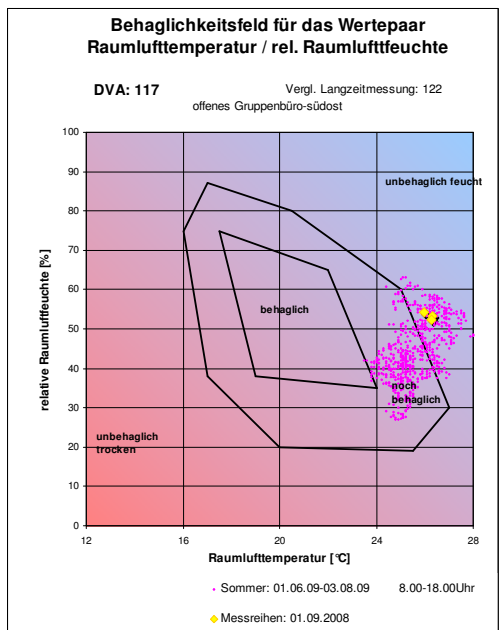
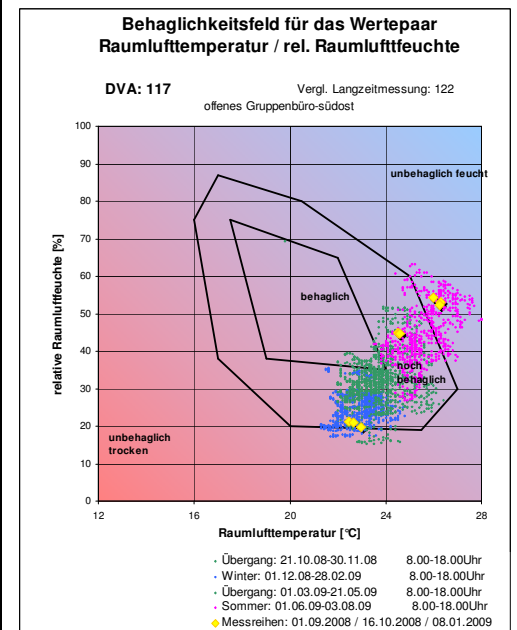
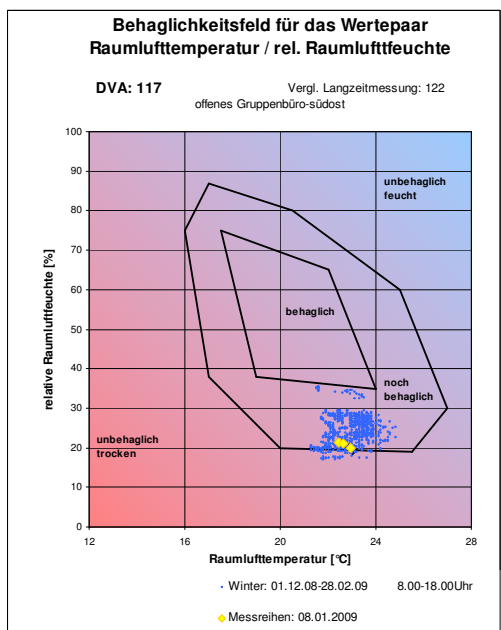
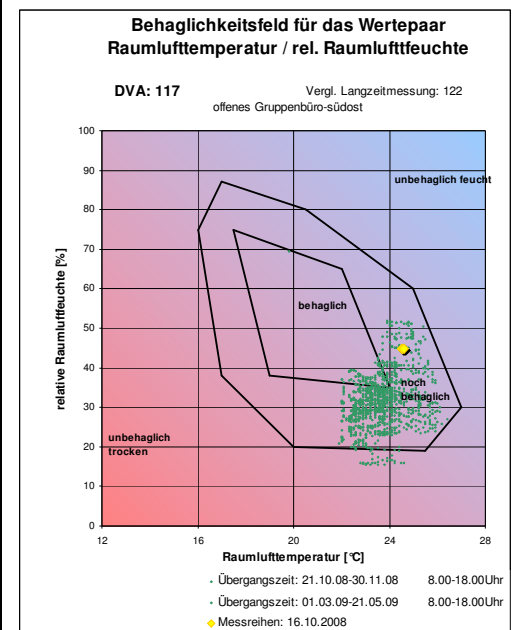
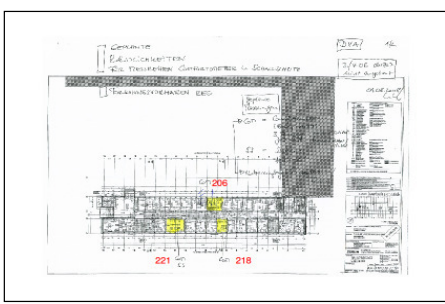


**Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11**

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
 Raumnr. 117 offenes Gruppenbüro südost

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|--------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 54,3 | 25,97        |           |
|           |                        | 53,2 | 26,30        |           |
|           |                        | 52,3 | 26,26        |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 44,9 | 24,53        |           |
|           |                        | 44,8 | 24,54        |           |
|           |                        | 44,8 | 24,58        |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 21,2 | 22,45        |           |
|           |                        | 21   | 22,65        |           |
|           |                        | 19,8 | 22,95        |           |



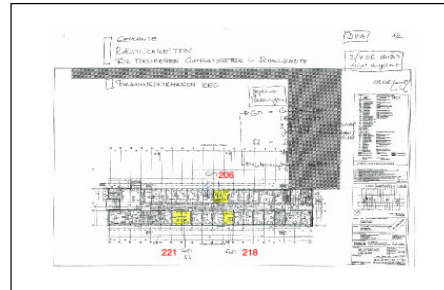


Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
Raumnr. 122 offenes Gruppenbüro südost

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

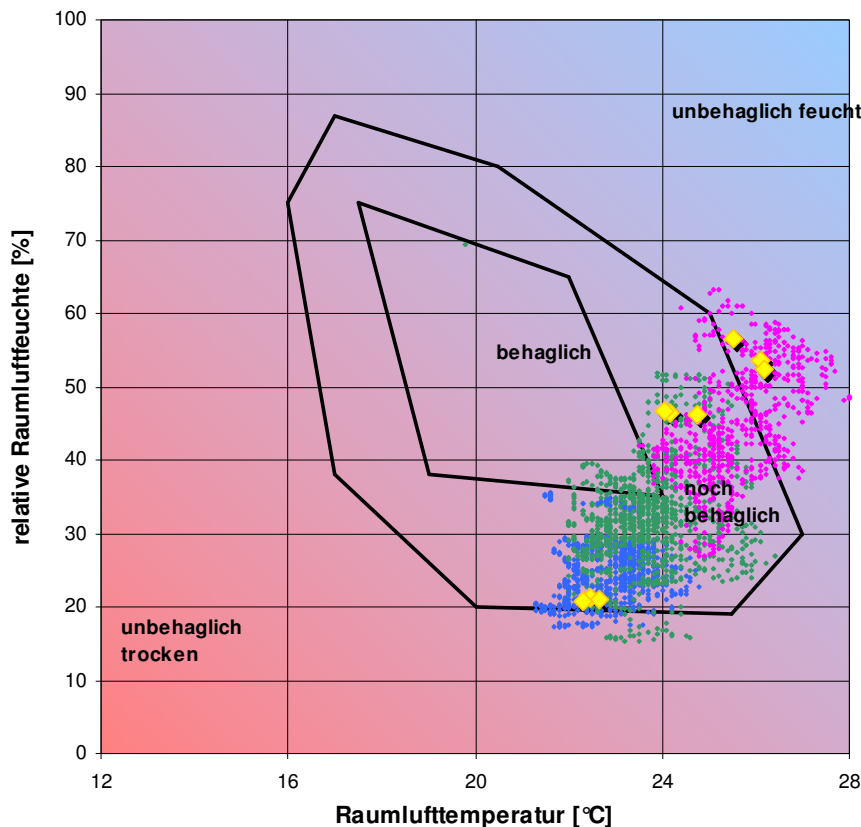
| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel 1 [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|----------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 56,6 | 25,53          |           |
|           |                        | 53,6 | 26,11          |           |
|           |                        | 52,3 | 26,19          |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 46,5 | 24,18          |           |
|           |                        | 46,2 | 24,74          |           |
|           |                        | 46,7 | 24,05          |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 21,2 | 22,45          |           |
|           |                        | 21   | 22,65          |           |
|           |                        | 20,8 | 22,31          |           |



**Behaglichkeitsfeld für das Wertepaar  
Raumlufttemperatur / rel. Raumluftfeuchte**

DVA: 122

Vergl. Langzeitmessung: 122  
offenes Gruppenbüro-südost



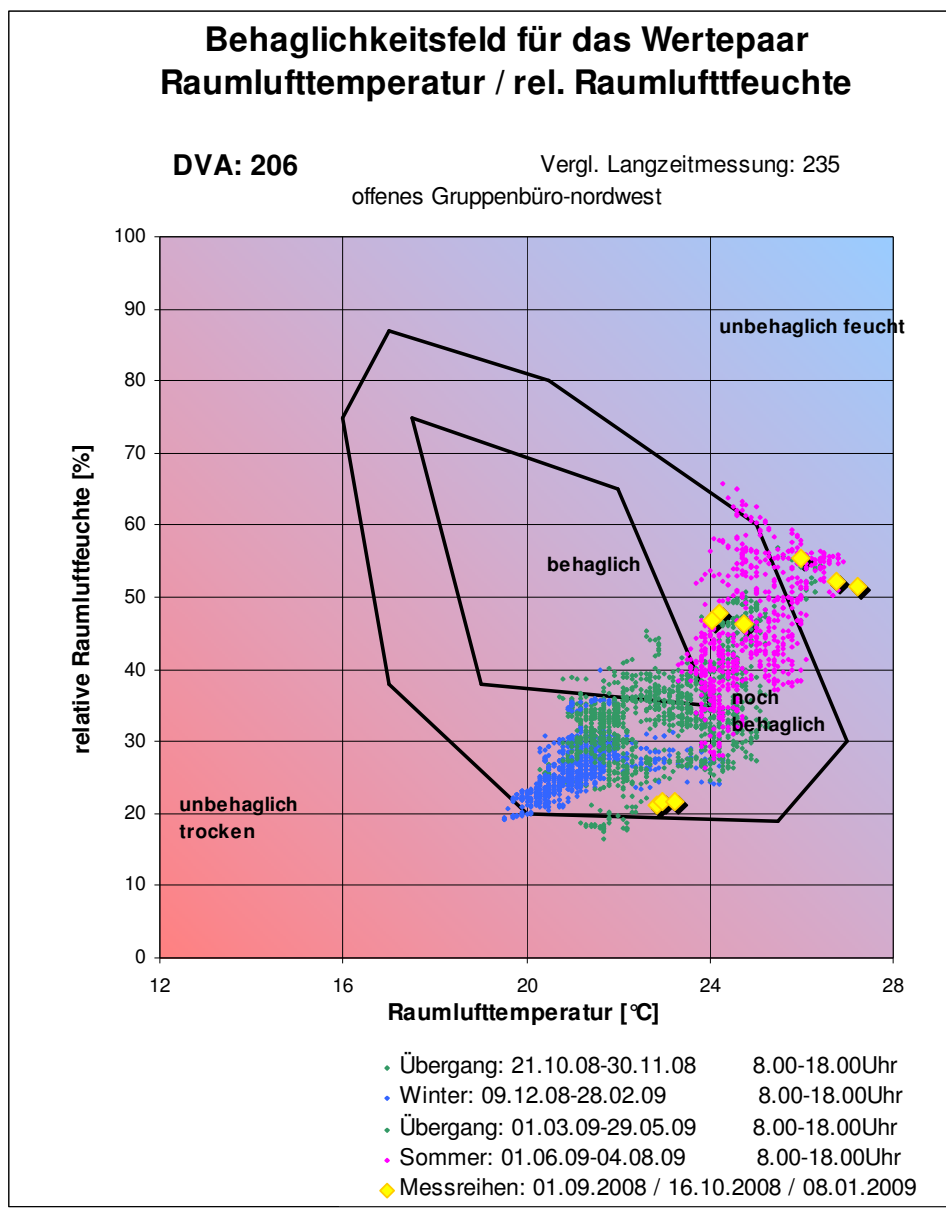
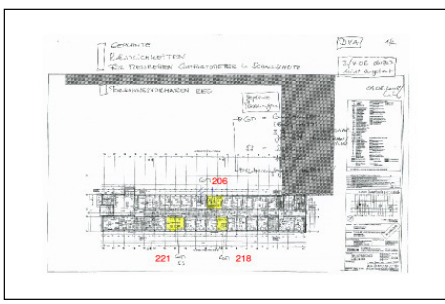
- Übergang: 21.10.08-30.11.08 8.00-18.00Uhr
- Winter: 01.12.08-28.02.09 8.00-18.00Uhr
- Übergang: 01.03.09-21.05.09 8.00-18.00Uhr
- Sommer: 01.06.09-03.08.09 8.00-18.00Uhr
- ◆ Messreihen: 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
Raumnr. **206** offenes Gruppenbüro nordwest

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel 1 [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|----------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 55,4 | 26,00          |           |
|           |                        | 52,2 | 26,75          |           |
|           |                        | 51,4 | 27,23          |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 47,7 | 24,19          |           |
|           |                        | 46,2 | 24,75          |           |
|           |                        | 46,7 | 24,05          |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 21,3 | 22,84          |           |
|           |                        | 21,6 | 22,95          |           |
|           |                        | 21,6 | 23,25          |           |

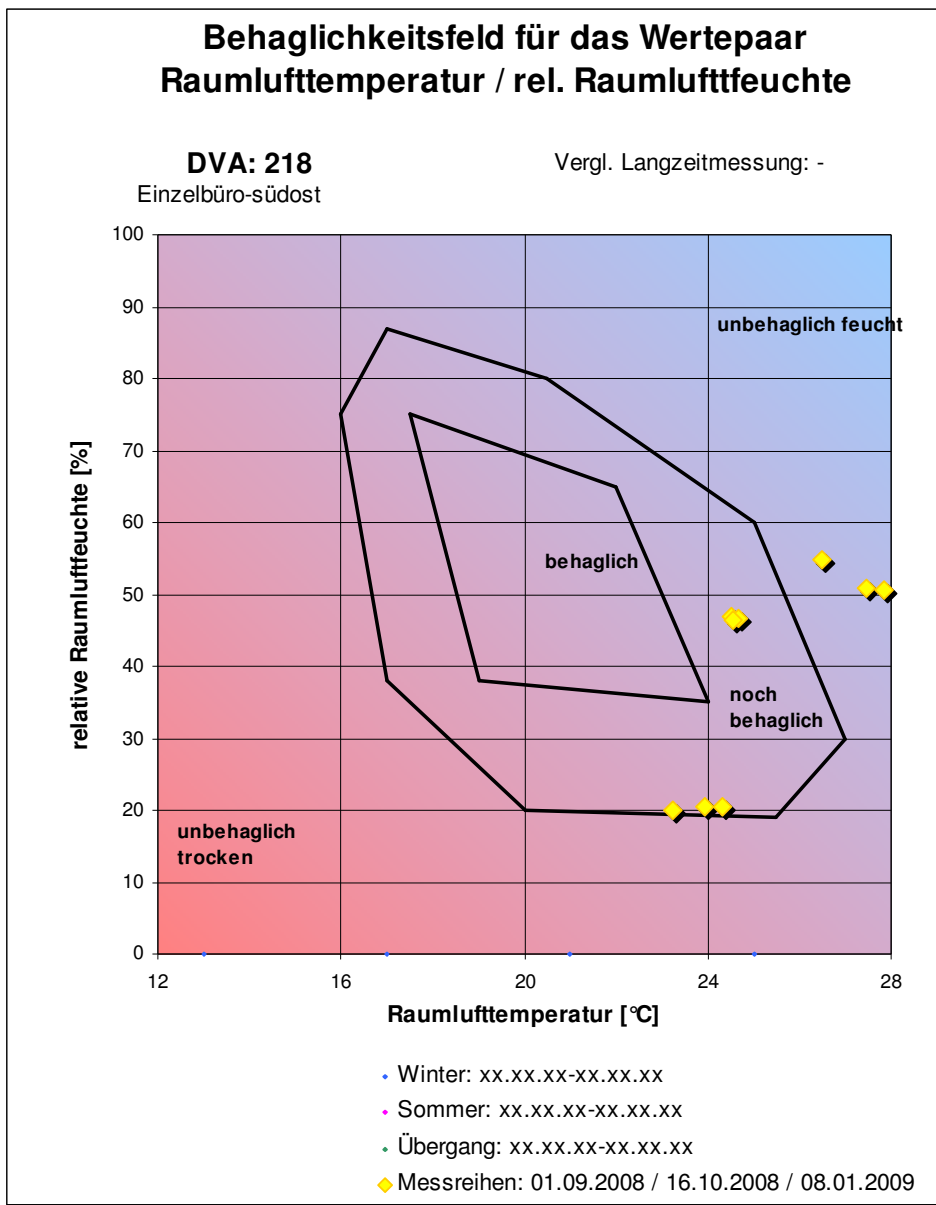
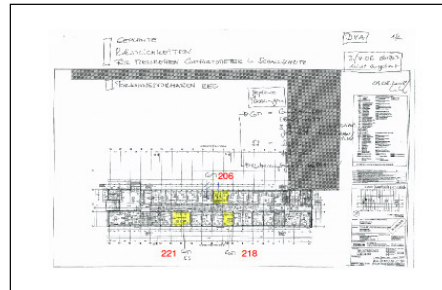


Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
Raumnr. **218 Einzelbüro südost**

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|--------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 54,7 | 26,50        |           |
|           |                        | 50,9 | 27,47        |           |
|           |                        | 50,5 | 27,84        |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 46,9 | 24,53        |           |
|           |                        | 46,6 | 24,67        |           |
|           |                        | 46,5 | 24,55        |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 20   | 23,24        |           |
|           |                        | 20,5 | 23,94        |           |
|           |                        | 20,4 | 24,32        |           |

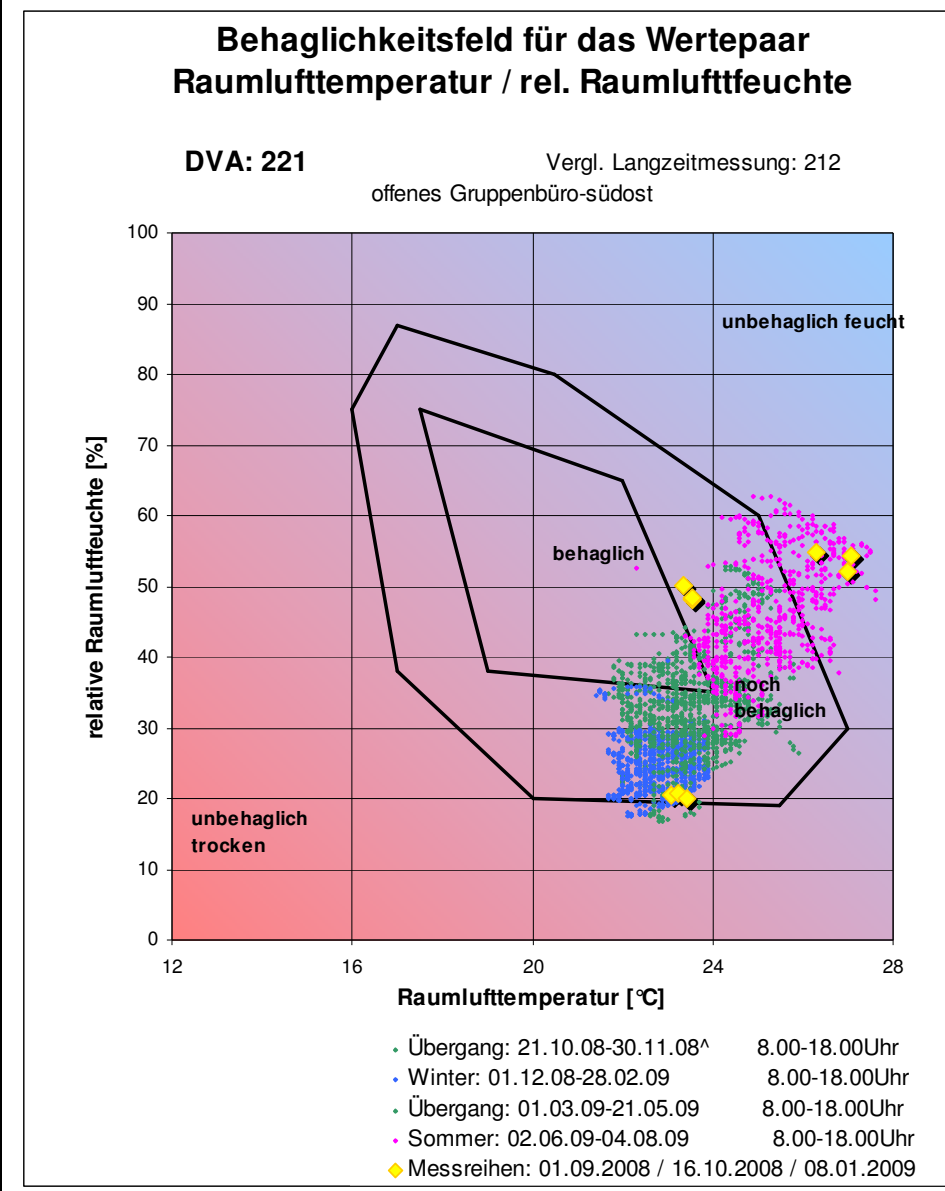
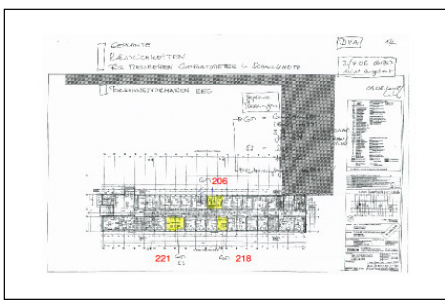


Anlage 4: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11

**Basisdaten:** Datenherkunft: egs-Messung  
Raumnr. **221** offenes Gruppenbüro südost

**Messreihen:** 01.09.2008 / 16.10.2008 / 08.01.2009

| Messtag   | Messreihen             | %rF  | Channel [°C] | Channel 3 |
|-----------|------------------------|------|--------------|-----------|
| Sommertag | Messreihen: 01.09.2008 | 54,9 | 26,29        |           |
|           |                        | 52,1 | 27,01        |           |
|           |                        | 54,2 | 27,06        |           |
| Herbsttag | Messreihen: 16.10.2008 | 50,2 | 23,34        |           |
|           |                        | 48,2 | 23,54        |           |
|           |                        | 48,3 | 23,54        |           |
| Wintertag | Messreihen: 08.01.2009 | 20,5 | 23,08        |           |
|           |                        | 20,8 | 23,22        |           |
|           |                        | 20,1 | 23,44        |           |



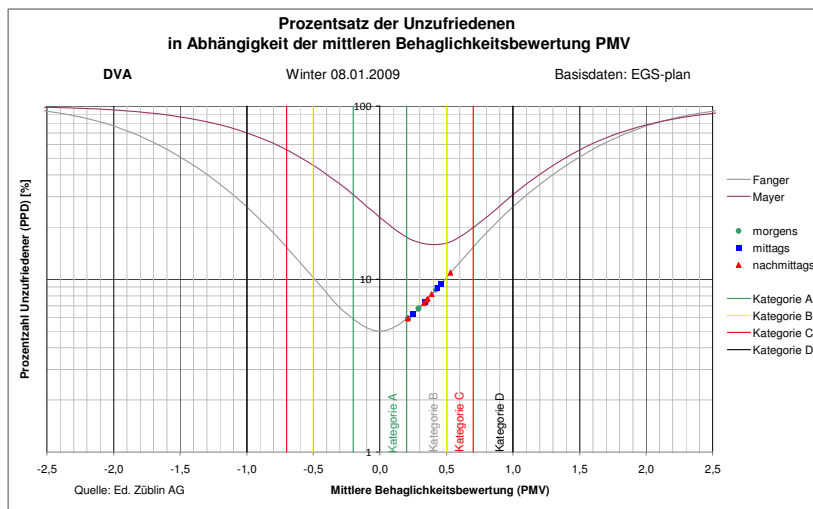
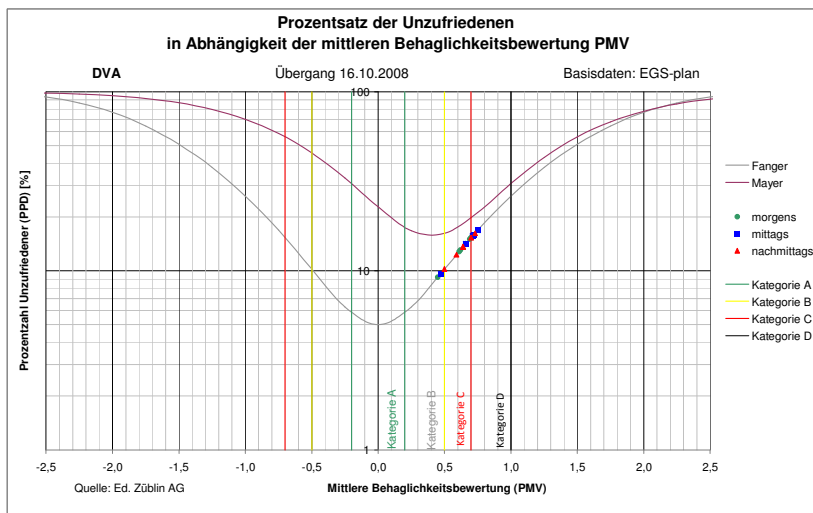
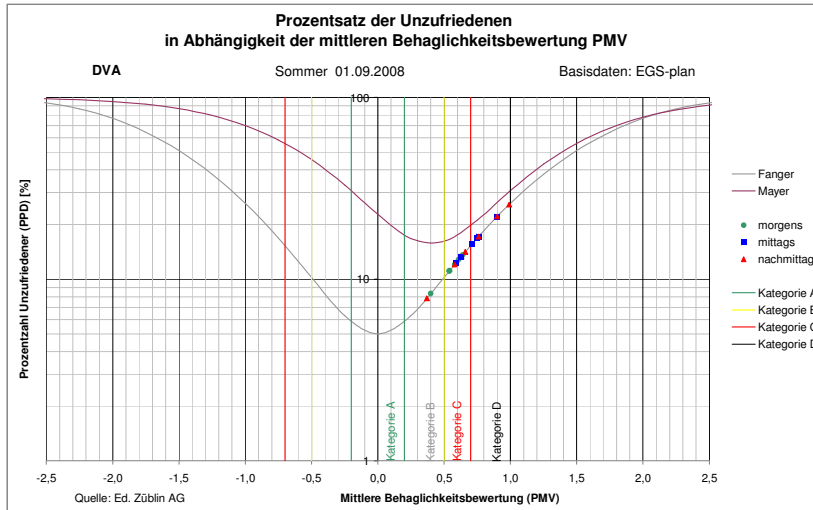
**Anlage 5:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11*

|          | <b>Räume</b>                       |  |  |
|----------|------------------------------------|--|--|
| <b>1</b> | Einzelbüro, 103, Nordwest          |  |  |
| <b>2</b> | Offenes Gruppenbüro, 117, Südost   |  |  |
| <b>3</b> | Offenes Gruppenbüro, 122, Südost   |  |  |
| <b>4</b> | Offenes Gruppenbüro, 206, Nordwest |  |  |
| <b>5</b> | Einzelbüro, 218, Südost            |  |  |
| <b>6</b> | Offenes Gruppenbüro, 221, Südost   |  |  |

## Anlage 5: Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit Fangerkurve zu Bericht: Kapitel 3.11

### DVA

#### Darstellung der PMV-Messung auf der Fanger Kurve



**Anlage 6:** *Vergleich der Kurzzeit-Messungen (EGS-Plan) mit  
Langzeitmessungen (Ed. Züblin AG) zu Bericht: Kapitel 3.11*

**Darstellung in Behaglichkeitsbereichen am Arbeitsplatz  
nach DIN 1946 - 2**

|          | <b>Behaglichkeitsfelder</b>        | <b>Basisdaten für<br/>Langzeitmessungen</b><br>*) | <b>Seite</b> |
|----------|------------------------------------|---|--------------|
| <b>1</b> | Einzelbüro, 103, Nordwest          | -   | 2            |
| <b>2</b> | Offenes Gruppenbüro, 117, Südost   | 122   | 3            |
| <b>3</b> | Offenes Gruppenbüro, 122, Südost   | 122   | 4            |
| <b>4</b> | Offenes Gruppenbüro, 206, Nordwest | 235   | 5            |
| <b>5</b> | Einzelbüro, 218, Südost            | -   | 6            |
| <b>6</b> | Offenes Gruppenbüro, 221, Südost   | 212   | 7            |

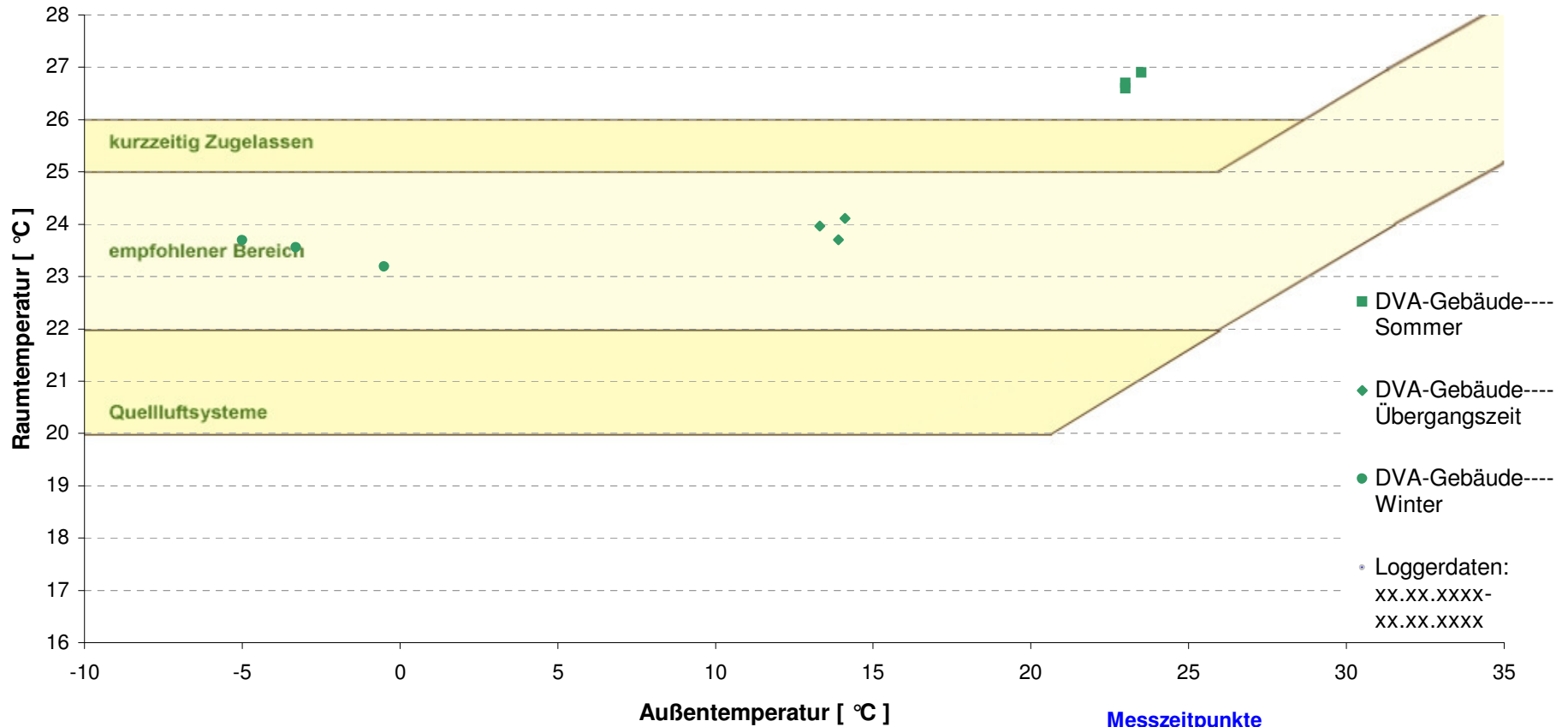
\*) Langzeitmessungen erst ab Oktober 2008

Anlage enthält 7 Seiten

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

DVA Raum: 103  
Einzelbüro-nordwest

Langzeitmessung: -



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

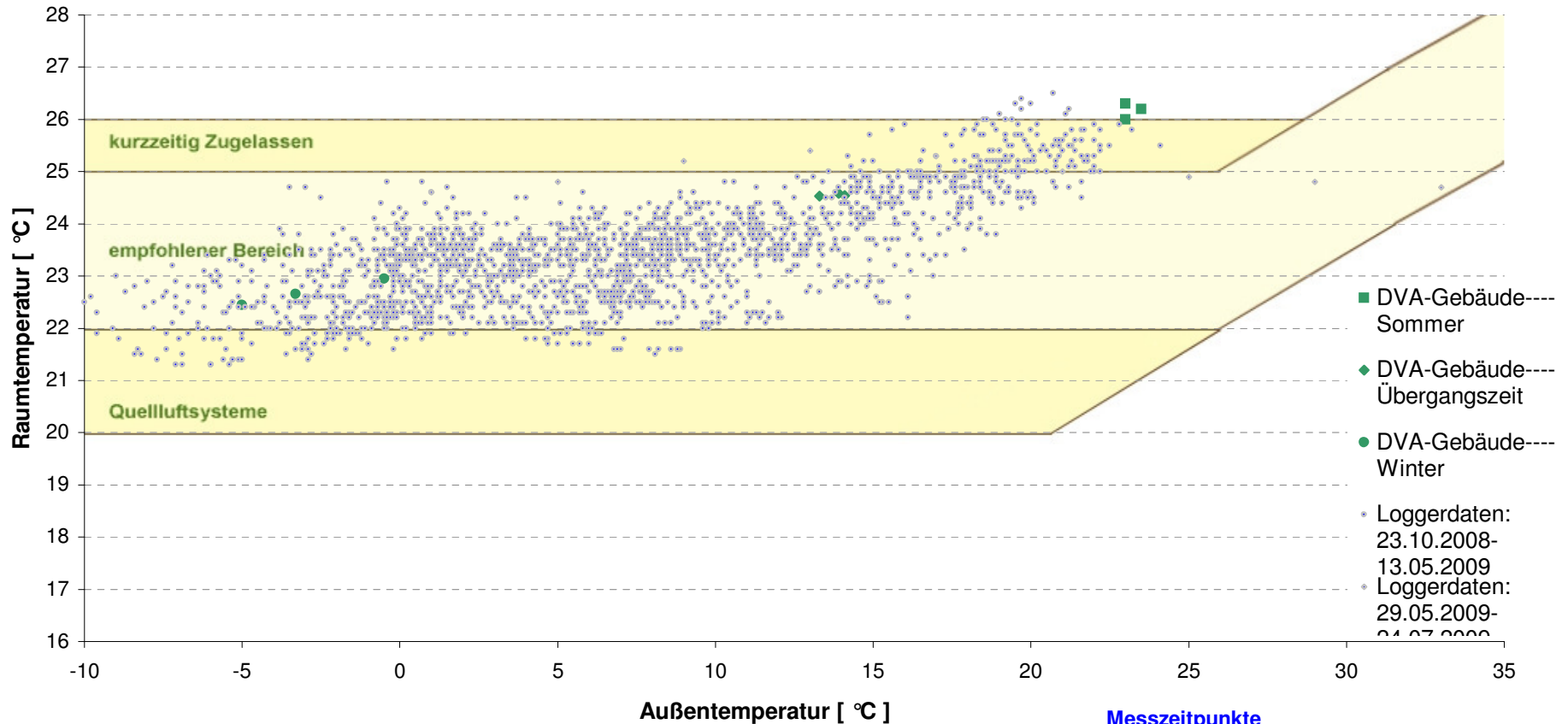


# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**DVA Raum: 117**  
offenes Gruppenbüro-südost

Langzeitmessung: 122



- DVA-Gebäude---- Sommer
- ◆ DVA-Gebäude---- Übergangszeit
- DVA-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten: 23.10.2008-13.05.2009
- Loggerdaten: 29.05.2009-01.07.2009

**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

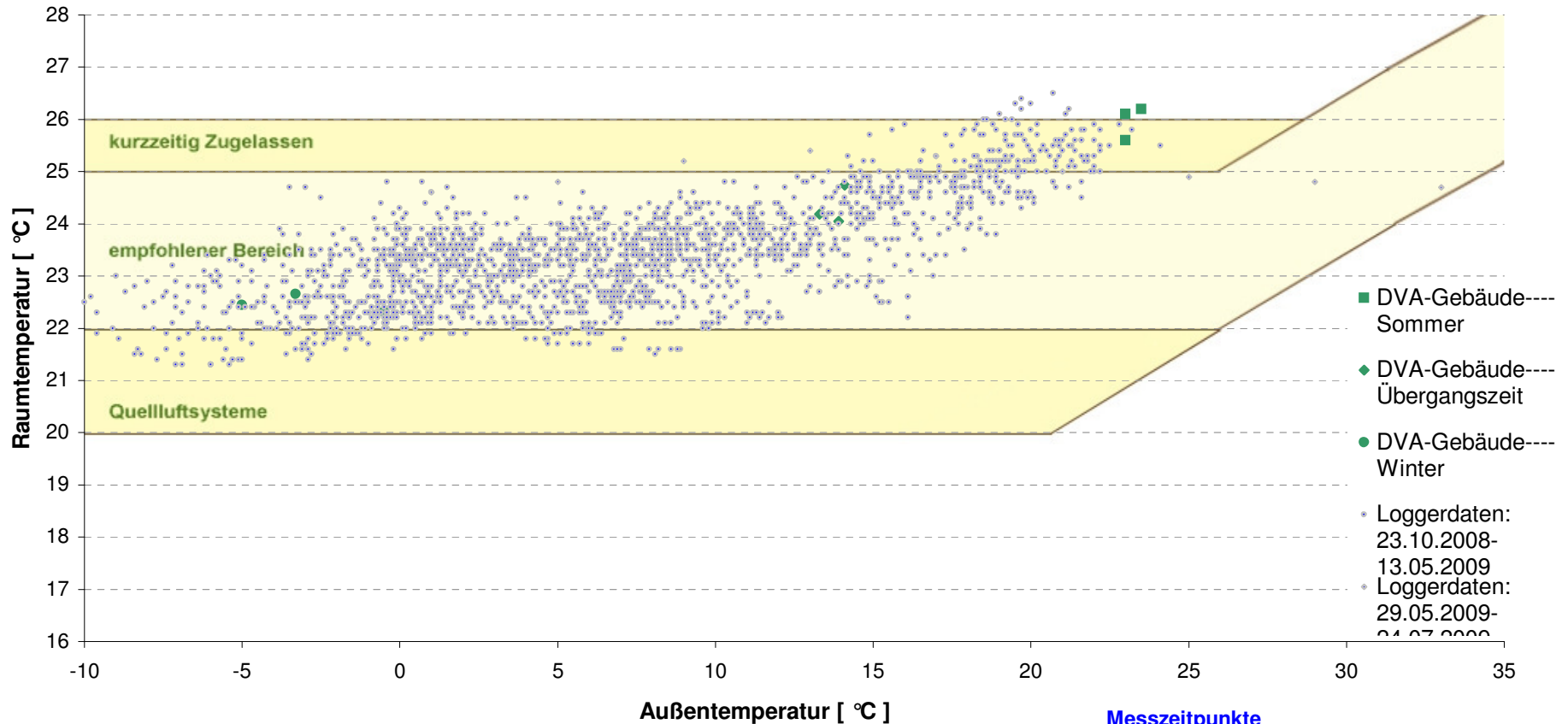
**Messzeitpunkte**  
 Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**DVA Raum: 122**  
offenes Gruppenbüro-südost

Langzeitmessung: 122



- DVA-Gebäude---- Sommer
- ◆ DVA-Gebäude---- Übergangszeit
- DVA-Gebäude---- Winter
- Loggerdaten: 23.10.2008-13.05.2009
- Loggerdaten: 29.05.2009-01.07.2009

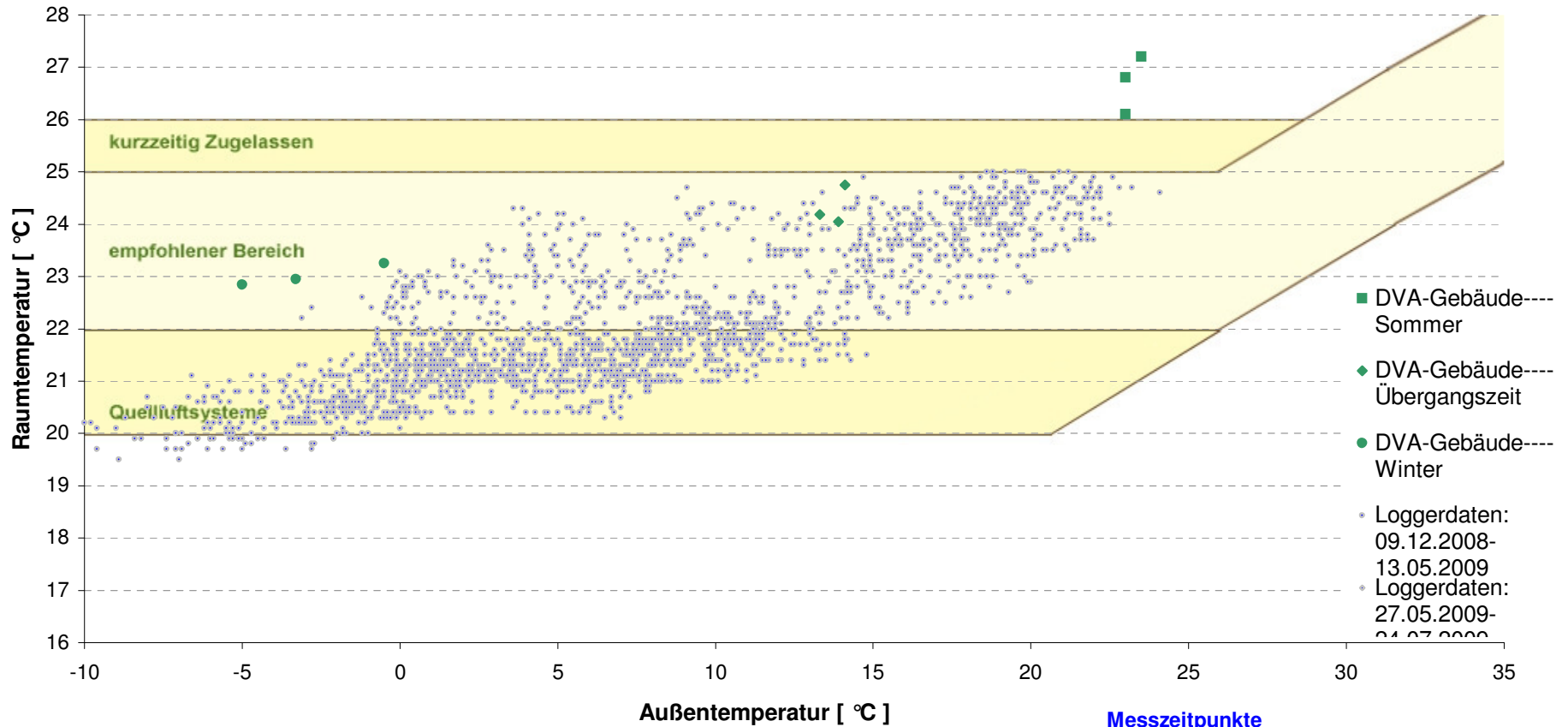
**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
 - Aktivitätsstufen I und II  
 - leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**  
 Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
 Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
 DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
 Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**DVA Raum: 206**  
offenes Gruppenbüro-nordwest

Langzeitmessung: 235



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**  
- Aktivitätsstufen I und II  
- leichte bis mittlere Bekleidung

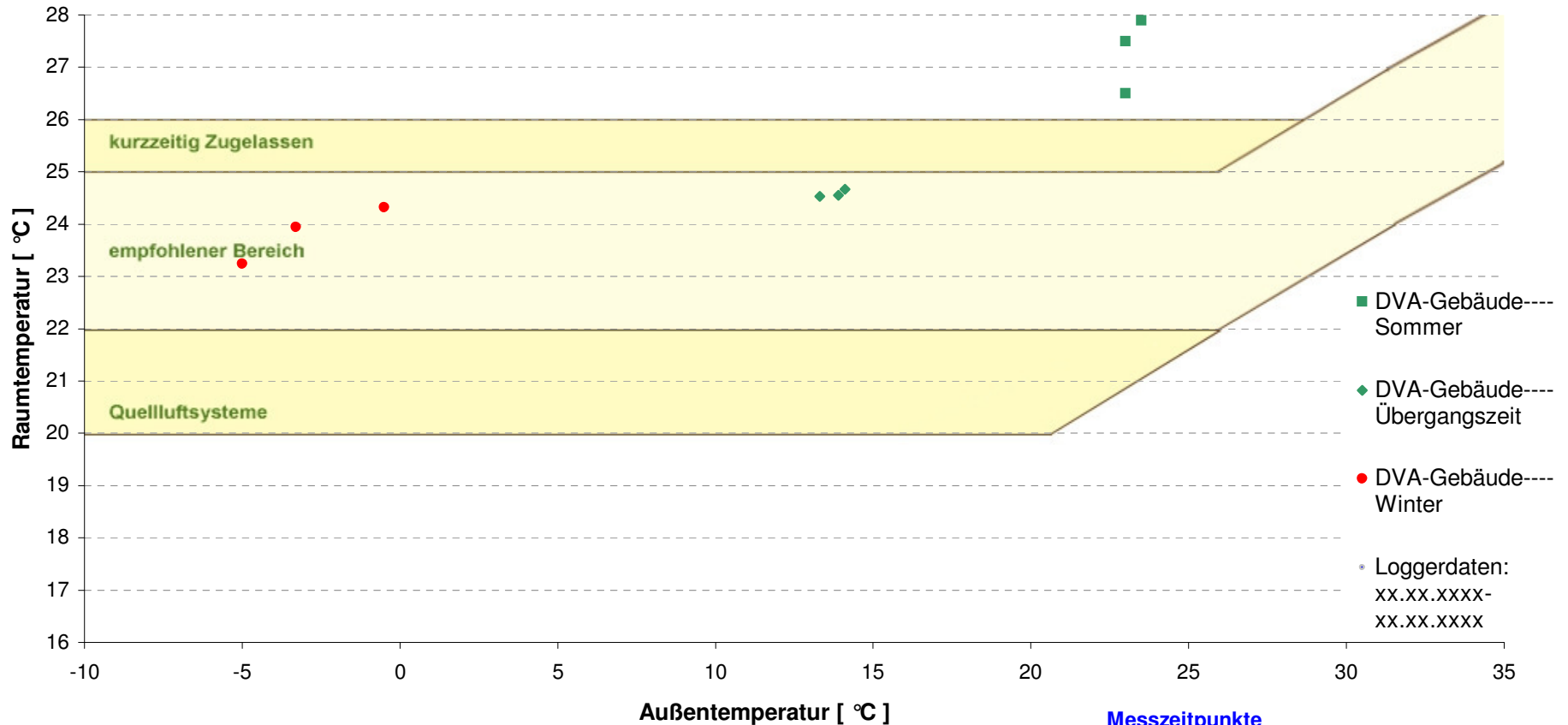
**Messzeitpunkte**

Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09  
Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09  
DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09  
Messwertequalität = 97 %

## Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**DVA Raum: 218**  
Einzelbüro-südost

Langzeitmessung: -



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**

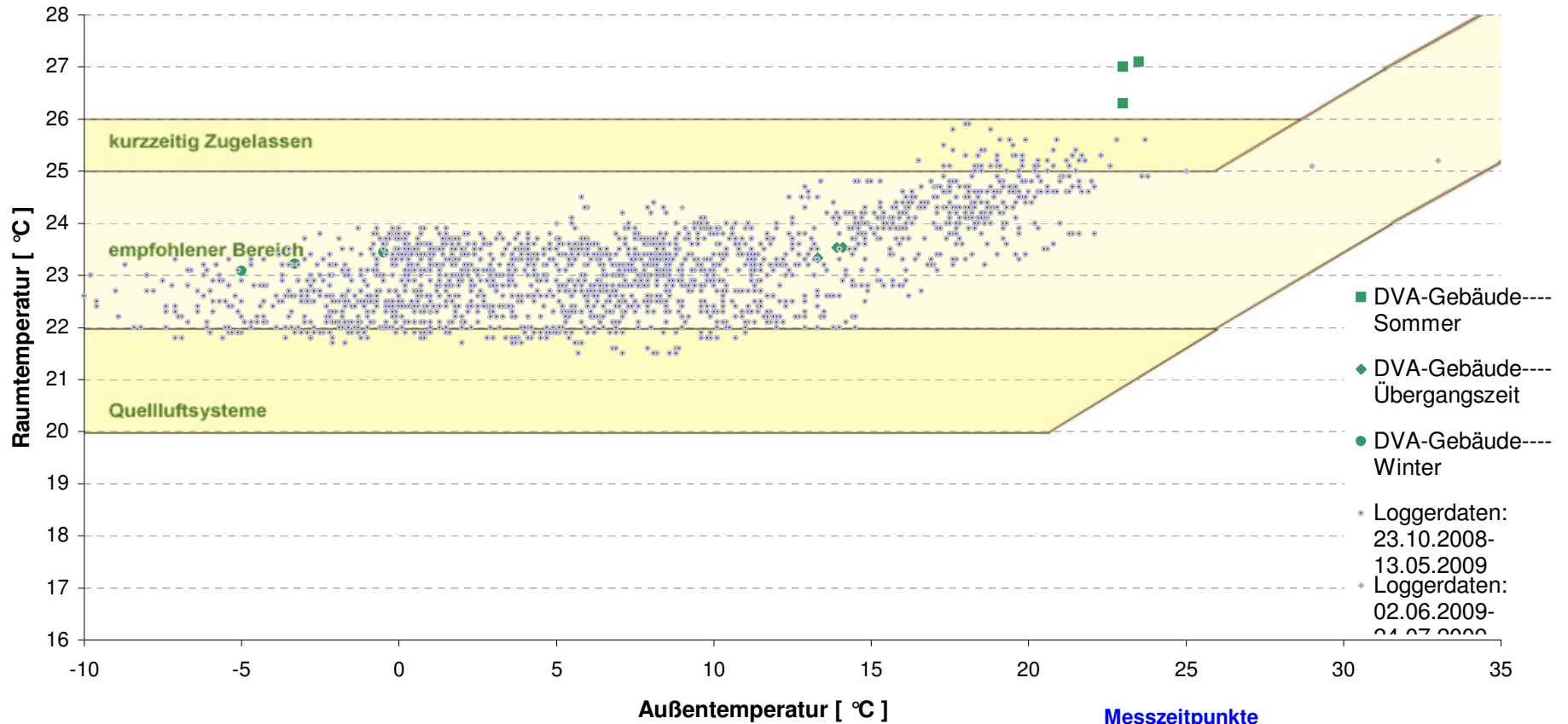
- Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09
- Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09
- DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09
- Messwertequalität = 97 %

# Behaglichkeitsbereich am Arbeitsplatz

## empfohlener Bereich der Raumtemperatur nach DIN 1946 Teil 2 I

**DVA Raum: 221**  
offenes Gruppenbüro-südost

Langzeitmessung: 212



**Voraussetzungen nach DIN 1946 T2**

- Aktivitätsstufen I und II
- leichte bis mittlere Bekleidung

**Messzeitpunkte**

- Hauptgebäude = 06.08.08 ; 17.10.08 ; 13.01.09
- Z2-Gebäude = 07.08.08 ; 14.10.08 ; 12.01.09
- DVA-Gebäude = 01.09.08 ; 16.10.08 ; 08.01.09
- Messwertqualität = 97 %

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der  
Züblin Hauptverwaltung,  
zu Bericht: 2A - 3.8.2.0

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand   |  |
| Bauvorhaben: <b>Züblin Verwaltungsbau</b><br>Projektnummer: <b>570 / SDWA / 24932-22</b><br>Baujahr: <b>1984</b><br>Standort: <b>Stuttgart / Möhringen</b><br>Städtebauliche Einordnung: <b>Industriegebiet</b><br>Nachbarbebauung: <b>Bürogebäude</b><br>Gebäudenutzung: <b>Bürogebäude</b><br>A/V-Verhältnis: <b>0,19</b><br>Geschosshzahl: <b>7 ab EG + Technikaufbau</b> |  |
| Teilnehmer: <b>M.Senger</b> ..... Begehung am: <b>19.02.2009</b> .....<br>Erstellt am: <b>26.02.2009</b> ..... Unterschrift: .....   |  |
| Gebäudehülle:<br>Folgende Konstruktionen sind enthalten: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>  |  |
| Besonderheiten:<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....   |  |

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der  
Züblin Hauptverwaltung,  
zu Bericht: 2A - 3.8.2.0

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand | ZUBLIN BILFINGER BERGER<br>Hochbau |
|---|------------------------------------|

|  |
|--|
| <b>Gebäude:</b> Züblin - Verwaltungsbau    |
| <b>Fassadenfläche:</b> 9950 m <sup>2</sup> |
| <b>Ebene:</b> Regelgeschoss / Buero        |
| <b>Datum:</b> 18.02.2009                   |

**0.1 Fenster und Fassaden**  
für Erfassungsliste TGA Pkt. 3.2.1

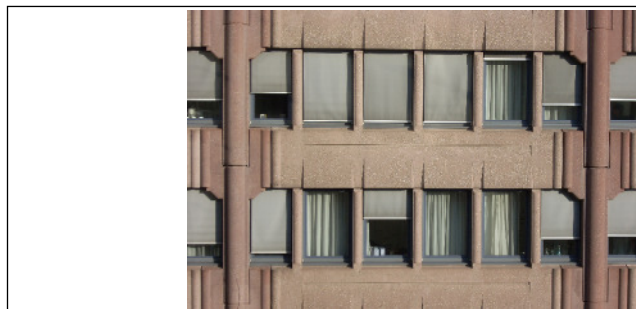


Foto Bauteil

|   | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>                                      |
|---|---|---|
| 0.1.1 System / Konstruktion                                       | Fensterband mit 7,5 m länge,<br>bestehend aus 6 Einzelfenstern mit<br>Kopplungsstoß | P/R Fassade, Lochfenster,<br>Elementfassade etc.      |
| 0.1.2 Systemgeber   | Gebr. Neuffer Fensterfabrik GmbH & Co.KG  | Schüco, Wicona etc.                                   |
| 0.1.3 Material  | Holz, Meranti   | Aluminium, Holz, Kunststoff etc.                      |
| 0.1.4 Herstelljahr  | 1984  | Raffstore mit<br>Tageslichtleitlenkung<br>etc.        |
| 0.1.5 Abmessungen Element   | 1200 x 1700   | Breite x Höhe [mm]                                    |
| 0.1.6 Öffnungsart   | Dreh-Kipp - und Drehflügel im Wechsel   | Fest, Dreh, Kipp, Dreh-Kipp,<br>Ausstellflügel etc.   |
| 0.1.7 Wärmedurchgangkoeffizient der Kontruktion<br>U <sub>w</sub> | 2,6   | 1,1 W/m <sup>2</sup> K<br>etc.                        |
| 0.1.8 Gesamtenergiedurchlassgrad der Konstruktion<br>g            | 0,8   | 0,32<br>etc.  |
| 0.1.9 Sonnenschutztyp<br>(siehe Pkt. 1 bis 3)                     | Rollscreen-Anlage, außenseitig  | ja / nein; bei ja: Raffstore<br>aussen etc.           |
| 0.1.10 Sonnenschutz Steuerung<br>(siehe Pkt. 4)                   | manuell   | manuell, elektr. lokal, elektr.<br>zentral, GLT, etc. |
| 0.1.11 Sonstiges  |   | Notizen<br>etc.                                       |
|   |   |   |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der Züblin Hauptverwaltung, zu Bericht: 2A - 3.8.2.0**

|   |  |
|---|--|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand | <b>ZÜBLIN</b> <b>BILFINGER BERGER</b><br>Hochbau |
|---|--|

|  |
|--|
| <b>Gebäude:</b> Züblin - Verwaltungsbau    |
| <b>Fassadenfläche:</b> 9950 m <sup>2</sup> |
| <b>Ebene:</b> Regelgeschoss / Buero        |
| <b>Datum:</b> 18.02.2009                   |

**1 Bauart aussenseitig:**





Foto Bauteil

|   | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiele:</b>  |
|---|---|--|
| 1.1 System  | Rollscreen-Anlage<br>Stoffgewebe  | Raffstore, Fallarm-Markise,<br>Stoffgewebe, Metallgewebe<br>etc. |
| 1.2 Fabrikat  | Warema  | Warema, Krülland etc.  |
| 1.3 Typ   | Screenbehang aus Kunststoffummantelter<br>Glasfaser                                     | Krülland HORISO FM 92-2074<br>etc.                               |
| 1.4 Behangart   | Blendschutz   | Raffstore mit<br>Tageslichtleitlenkung<br>etc.                   |
| 1.5 Perforation   | perforiert  | vollflächig perforiert, halbflächig<br>perforiert<br>etc.        |
| 1.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)   |   | Lamellen 100mm<br>etc.   |
| 1.7 Behangfarbe innen/aussen  | grau / grau   | hellgrau/weiß<br>etc.  |
| 1.8 Lamellenabstand   |   | 35mm<br>etc.   |
| 1.9 Antriebsart / Motortyp  | Handkurbel  | E-Motor Standard, DMI,<br>Handkurbel<br>etc.                     |
| 1.10 Führung des Behanges   | Drahtseil   | Schiene, Drahtseil<br>etc.                                       |
| 1.11 Behangsystem Abmessungen   | 1000 x 1700   | Breite x Höhe [mm]   |
| 1.12 Lichter Abstand Bauart zur Verglasung  | 80  | Abmessung [mm]   |
| 1.13 $g_{\text{total}}$<br>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und<br>Sonnenschutz (aussen) | 0,17  | $g_{\text{total}} = 0,2$<br>etc.                                 |
| 1.14 $F_c$ Wert<br>$g_{\text{total}} / g$ (Verglasung)  | 0,21  | $F_c = 0,25$<br>etc.   |
| 1.15 Zustand Sonnenschutz   | funktionsfähig,<br>Seilspannung intakt  | Funktionsfähigkeit,<br>Seilspannung, Oberflächen<br>etc.         |
| 1.16 Datenblätter zum System,<br>Prüfbereiche / Messprotokolle                                    | g-Wert-DIN-EN-13363-1.pdf   | PDF Unterlagen, siehe Anhang<br>A<br>etc.                        |
| 1.17 Planung (Ansicht, Systemschnitt)   | Plan-Rollscreen-Anlage.pdf  | PDF Planausschnitte, siehe<br>Anhang B<br>etc.                   |
| 1.18 Fotodokumentation  | 20090219-Ref-Fassade-01.jpg und ..02.jpg<br>20090219-Ref-Zi-A439-01.jpg 02,05 bis 13,19 | Ist Zustand Bestand, siehe<br>Anhang C                           |
| 1.19 Sonstiges  |   | Notizen<br>etc.  |



**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der  
Züblin Hauptverwaltung,  
zu Bericht: 2A - 3.8.2.0

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin - Verwaltungsbau |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 9950 m <sup>2</sup>     |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero   |
| <b>Datum:</b>          | 18.02.2009              |


**2 Verglasung:**



Foto Bauteil

|  | <b>Angaben:</b>                             | <b>Beispiel:</b>                 |
|--|---|----------------------------------|
| 2.1 Verglasungsart                               | 2-fach Isolierverglasung                    | 2-fach Isolierverglasung<br>etc. |
| 2.2 Verglasungshersteller                        | Thermopane                                  | Interpane<br>etc.                |
| 2.3 Verglasungstyp                               | Isolar                                      | ipasol neutral 60/31<br>etc.     |
| 2.4 Verglasungsaufbau                            | 4 Float<br>12 SZR mit Gasfüllung<br>6 Float | 8/16/6<br>etc.                   |
| 2.5 Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung Ug | 3   | 1,1 W/m <sup>2</sup> K<br>etc.   |
| 2.6 Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g  | 0,8   | 0,32<br>etc.                     |
| 2.7 Lichttransmissionsgrad $\tau_v$              | 80%   | 59%<br>etc.                      |
| 2.8 Sonstiges                                    |   | Notizen<br>etc.                  |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der**  
**Züblin Hauptverwaltung,**  
*zu Bericht: 2A - 3.8.2.0*

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|--|

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin - Verwaltungsbau |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 9950 m <sup>2</sup>     |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero   |
| <b>Datum:</b>          | 18.02.2009              |

**3 Bauart innenseitig:**




Foto Bauteil

|  | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>  |
|--|---|---|
| 3.1 System   | Vorhang   | Rafstore, Rollo, Vertikal-Jalousien, Lamellen im SZR etc. |
| 3.2 Fabrikat   | nicht mehr nachfolziehbar   | Krülland etc.   |
| 3.3 Typ  | nicht mehr nachfolziehbar   | Krülland VERTISO E 127 4012/117 Veroglim etc.             |
| 3.4 Behangart  | Gewebe  | Gewebe, Aluminiumlamelle etc.                             |
| 3.5 Perforation  | halbtransparent   | vollflächig perforiert, halbflächig perforiert etc.       |
| 3.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)  |   | Lamellen 100mm etc.                                       |
| 3.7 Behangfarbe innen / aussen   | weiß  | hellgrau/weiß etc.  |
| 3.8 Lamellenabstand  |   | 35mm etc.   |
| 3.9 Antriebsart / Motortyp   | manuell   | E-Motor Standard, DMI, Handkurbel etc.                    |
| 3.10 Behangsystem Abmessungen  | Zweitellig über drei Fenster 1,8 m x 1,9 m, 2 Stück   | Breite x Höhe   |
| 3.11 Lichter Abstand Bauart zur Verglasung   | ca. 250 mm  | Abmessung [mm]  |
| 3.12 $g_{\text{total}}$ Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutz (innen) | ca. 0,64  | $g_{\text{total}} = 0,2$ etc.                             |
| 3.13 $F_C$ Wert $g_{\text{total}} / g$ (Verglasung)  | ca. 0,8   | $F_C = 0,25$ etc.   |
| 3.14 Datenblätter zum System, Prüfbereiche / Messprotokolle                                |   | PDF Unterlagen, siehe Anhang D etc.                       |
| 3.15 Zustand Sonnenschutz  | funktionsfähig  | Funktionsfähigkeit, Seilspannung, Oberflächen etc.        |
| 3.16 Planung (Ansicht, Systemschnitt)  |   | PDF Planausschnitte, siehe Anhang E etc.                  |
| 3.17 Fotodokumentation   | 20090219-Ref-Fassade-01.jpg und ..02.jpg<br>20090219-Ref-Zi-A439-22.jpg<br>20090219-Frageb-B339.jpg | Ist Zustand Bestand, siehe Anhang F                       |
| 3.18 Sonstiges   | Vorhang wird nicht mehr erneuert  | Notizen etc.  |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der**  
**Züblin Hauptverwaltung,**  
*zu Bericht: 2A - 3.8.2.0*

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|--|

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin - Verwaltungsbau |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 9950 m <sup>2</sup>     |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero   |
| <b>Datum:</b>          | 18.02.2009              |

**4 Steuerung:**




Foto Bauteil

|   | <b>Angaben:</b>    | <b>Beispiel:</b>  |
|---|--------------------|---|
| 4.1 Steuerung übergeordnet  | <i>ohne</i>        | <i>Zentrale Steuerung mit unterleitung für die Nord-, Süd-, West-, Ost- Fassade etc.</i>  |
| 4.2 Art der Steuerung   | <i>manuell</i>     | <i>BUS, LON, manuell, automatische Lamellennachführung etc.</i>   |
| 4.3 Gebäudeunterteilung der übergeordneten Steuerung  | <i>ohne</i>        | <i>Nord-, Süd-, West-, Ostfassade, Raumabschnitte, EG+1.OG ohne übergeordnete Steuerung etc.</i>  |
| 4.4 Steuerung individuell (d. Nutzer)   | <i>individuell</i> | <i>Individuelle Eingriffsmöglichkeit auf Steuerung über Bedienpaneel, Auf/Ab/Lamellenstellung etc.</i>  |
| 4.5 Steuerungs Sensoren (Licht / Wind/Temperatur/Strahlung)                                       | <i>ohne</i>        | <i>Windwächter zentral. Strahlungssensoren jeweils für die Nord-, Süd-, West-, Ost-Fassade etc.</i>   |
| 4.6 Steuerungs Schaltgrenzen  | <i>ohne</i>        | <i>Die Behänge werden ab Windgeschwindigkeit von 5 m/s eingefahren. Die Behänge werden ab einer Leuchtdichte von 3.000 cd/m<sup>2</sup> abgelassen.</i> |
| 4.7 Steuerungs Einstellungen der Logik (Sommer- und Winterbetrieb, Wochenend- und Nachtsteuerung) | <i>ohne</i>        | <i>Winterbetrieb &lt;+10 °C SoSchu bleibt Nachts und am Woe offen. Sommerbetrieb &gt;+10 °C SoSchu bleibt Nachts offen und am Woe geschlossen. etc.</i> |
| 4.8 Steuerung Schemaplan Steuerungs Logistik  | <i>ohne</i>        | <i>Planung, siehe Anhang G etc.</i>   |
| 4.9 Sonstiges   |                    | <i>Notizen etc.</i>   |

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der  
Züblin Hauptverwaltung,  
zu Bericht: 2A - 3.8.2.0

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                         |
|------------------------|-------------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin - Verwaltungsbau |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 9950 m <sup>2</sup>     |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero   |
| <b>Datum:</b>          | 18.02.2009              |

**5 Betrieb / Wartung:**



Foto Bauteil

|                         | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>  |
|-------------------------|---|---|
| 5.1 Art der Wartung     | manuell, teilweise mit Leiter   | Manuell mit/ohne Leiter,<br>Befahranlage aussen/innen<br>etc.             |
| 5.2 Wartungsintervalle  | alle 3 Jahre  | alle 2 Jahre Reinigung Behang,<br>alle 2 Jahre Funktionskontrolle<br>etc. |
| 5.3 Aufwand der Wartung | Funktionsprüfung,<br>Nachspannen der Seile,<br>Kontrolle auf Beschädigung | 10 min Reinigung je Behang,<br>5 min Funktionsprüfung<br>etc.             |
| 5.4 Kosten der Wartung  | Mit der Vertragspauschale abgegolten                                      | Arbeitszeit und Material 6,00<br>EUR je Behang<br>etc.                    |
| 5.5 Sonstiges           | Aufwand je nach Behang ca. 5 min.   | Notizen<br>etc.   |

**6 Nutzer:**

|  | <b>Angaben:</b>  | <b>Beispiel:</b>         |
|--|--|--------------------------|
| 6.1 Nutzerprofil                         |  | PC Arbeitsplatz,<br>etc. |
| 6.2 Nutzerbefragung, Nutzerzufriedenheit | siehe Anhang F   |                          |
| 6.3 Sonstiges                            | Befragung zu 6 Arbeitsplaetzen<br>auf den Stockwerken 1,3,5<br>in beiden Gebaeudenfluegeln | Notizen<br>etc.          |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz der Züblin Hauptverwaltung, zu Bericht: 2A - 3.8.2.0**

|  |  |
|--|--|
| <b>ANHANG F</b><br>Kurzfragebogen zu unserer Analyse<br>Sonnenschutz |   |
|--|--|

|                            |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Gebäude:                   |  |  |  |  |
| Raum Nr.:                  |  |  |  |  |
| Geschoss:                  |  |  |  |  |
| Datum: . . . / . . . : Uhr |  |  |  |  |

**Einige Fragen zu Ihrer Person**

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Geschlecht</b><br><input type="radio"/> männlich<br><input type="radio"/> weiblich | <b>Arbeiten Sie in einem</b><br><input type="radio"/> Einzelbüro<br><input type="radio"/> Gruppenbüro mit ___ Arbeitsplätzen | <b>Haben Sie einen Bildschirmarbeitsplatz</b><br><input type="radio"/> Ja<br><input type="radio"/> Nein |
|---|--|---|

**Wie viele Stunden verbringen Sie an einem durchschnittlichen Arbeitstag an Ihrem Büroarbeitsplatz?**

1 bis 4 Stunden     
  4 bis 7 Stunden     
  7 bis 10 Stunden

**Einige Fragen zu dem Sonnenschutz an Ihrem Arbeitsplatz**



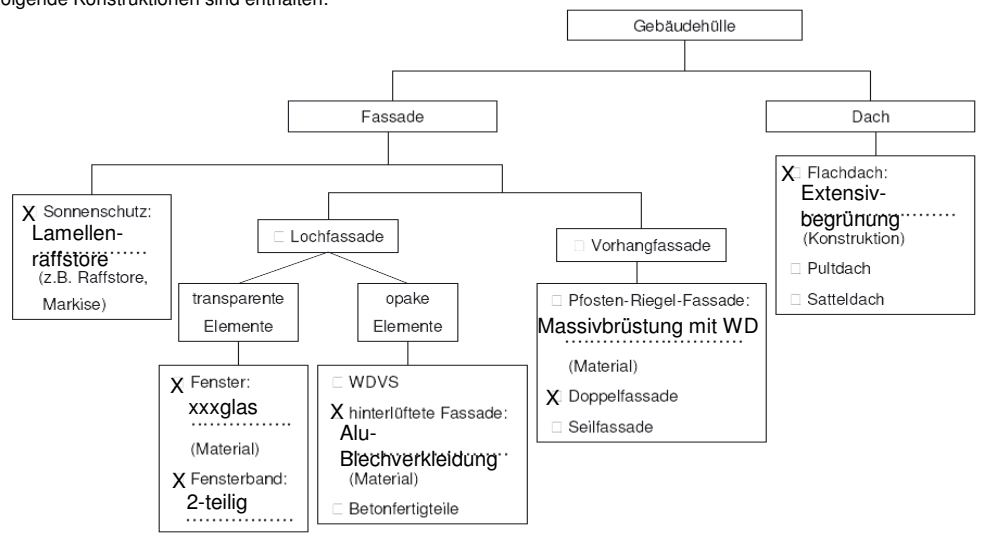
1. Die Helligkeit im Raum empfinde ich im Moment als:  
 extrem zu hell     zu hell     angenehm     zu dunkel     extrem zu dunkel
2. Wie beurteilen Sie den vorhandenen Sonnen- und Blendschutz an Ihrem Arbeitsplatz ?  
 sehr schlecht     schlecht     neutral     gut     sehr gut
3. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch natürliches Tageslicht ?  
 sehr schlecht     schlecht     neutral     gut     sehr gut
4. Werden Sie trotz geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz geblendet ?  
 sehr oft     oft     selten     so gut wie nie
5. Wie beurteilen Sie Ihren Ausblick ins Freie bei geschlossenem Sonnen- bzw. Blendschutz  
 stark eingeschränkt     eingeschränkt     leicht eingeschränkt     nicht einschränkt
6. Wie empfinden Sie die automatische Steuerung (falls vorhanden) des Sonnenschutzes?  
 Eher positiv     positiv     neutral     negativ     eher negativ
7. Wie regeln Sie die Helligkeit im Raum bei geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz?  
 mit zuschalten von Kunstlicht     mit teilweisen öffnen des Sonnen- bzw. Blendschutzes     garnicht
8. Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:  
 sehr unangenehm     unangenehm     neutral     angenehm     sehr angenehm
9. Wenn Sie noch etwas über Ihren Arbeitsplatz oder diesen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

**Vielen Dank !**

Für Infos und Fragen :  
[thomas.knabe@zueblin.de](mailto:thomas.knabe@zueblin.de)  
 0711 / 7883 - 274

**Ergebnisse siehe Ergebnisbericht 2A-3.8.4.0. „Abfrage der Nutzerzufriedenheit nach einem einheitlichen Kriterienkatalog“**

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand   |  |
| Bauvorhaben: <b>Züblin Z-zwo</b><br>Projektnummer: <b>570 / SDWA / 24932-22</b><br>Baujahr: <b>2002</b><br>Standort: <b>Stuttgart / Möhringen</b><br>Städtebauliche Einordnung: <b>Industriegebiet</b><br>Nachbarbebauung: <b>Bürogebäude</b><br>Gebäudenutzung: <b>Bürogebäude</b><br>A/V-Verhältnis: <b>0,27</b><br>Geschosszahl: <b>6 ab EG</b>   |  |
| Teilnehmer: <b>M.Senger</b> Begehung am: <b>21.04.2009</b><br>Erstellt am: <b>31.03.2009</b> Unterschrift: _____   |  |
| Gebäudehülle:<br>Folgende Konstruktionen sind enthalten: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <pre>           graph TD             GH[Gebäudehülle] --&gt; F[Fassade]             GH --&gt; D[Dach]             F --&gt; SS[Sonnenschutz: Lamellenräftstore<br/>(z.B. Raffstore, Markise)]             F --&gt; LF[Lochfassade]             F --&gt; VF[Vorhangfassade]             LF --&gt; TE[transparente Elemente]             LF --&gt; OE[opake Elemente]             TE --&gt; FG[X Fenster: xxxglas<br/>(Material)]             TE --&gt; FB[X Fensterband: 2-teilig]             OE --&gt; WDV[WDVS]             OE --&gt; HF[X hinterlüftete Fassade: Alu-Blechverkleidung<br/>(Material)]             OE --&gt; BF[Betonfertigteile]             VF --&gt; PRF[Pfosten-Riegel-Fassade: Massivbrüstung mit WD<br/>(Material)]             VF --&gt; DF[X Doppelfassade]             VF --&gt; SF[Seilfassade]             D --&gt; FB1[X Flachdach: Extensivbegrünung<br/>(Konstruktion)]             D --&gt; PD[Pultdach]             D --&gt; SD[Satteldach]           </pre> </div> |  |
| Besonderheiten:<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____<br>_____  |  |

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin Z-zwo          |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 4580 m <sup>2</sup>   |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 31.03.2009            |

**0.1 Fenster und Fassaden**  
für Erfassungsliste TGA Pkt. 3.2.1



|  | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>                                   |
|--|---|--|
| 0.1.1 System / Konstruktion                          | Fensterband mit 2-teiligen Fenster in Massivbrüstung mit Wärmedämmung   | P/R Fassade, Lochfenster, Elementfassade etc.      |
| 0.1.2 Systemgeber                                    | Schüco Rojal S 70 in 1. bis 6. OG<br>Schüco FW 50+ in EG                | Schüco, Wicona etc.                                |
| 0.1.3 Material                                       | Aluminium in RAL 9006   | Aluminium, Holz, Kunststoff etc.                   |
| 0.1.4 Herstelljahr                                   | 2002  | Raffstore mit Tageslichtleitlenkung etc.           |
| 0.1.5 Abmessungen Element                            | Fensterband B x H = 2,7 m x 2,35 m<br>1 Fenster B x H = 1,35 m x 2,35 m | Breite x Höhe [mm]                                 |
| 0.1.6 Öffnungsart                                    | 1 Fest- und 1 Dreh-Kipp- Flügel<br>Drehfunktion nur für Reinigungszweck | Fest, Dreh, Kipp, Dreh-Kipp, Ausstellflügel etc.   |
| 0.1.7 Wärmedurchgangskoeffizient der Konstruktion Ug | 1,3   | 1,1 W/m <sup>2</sup> K etc.                        |
| 0.1.8 Gesamtenergiedurchlassgrad der Konstruktion g  |   | 0,32 etc.  |
| 0.1.9 Sonnenschutztyp (siehe Pkt. 1 bis 3)           | Lamellenraffstore   | ja / nein; bei ja: Raffstore aussen etc.           |
| 0.1.10 Sonnenschutz Steuerung (siehe Pkt. 4)         | elektr. manuell und zentral übergeordnet                                | manuell, elektr. lokal, elektr. zentral, GLT, etc. |
| 0.1.11 Sonstiges                                     |   | Notizen etc.                                       |
|  |   |  |



**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|   |  |
|---|--|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand | <b>ZUBLIN</b> <b>BILFINGER BERGER</b><br>Hochbau |
|---|--|

|  |
|--|
| <b>Gebäude:</b> Züblin Z-zwo               |
| <b>Fassadenfläche:</b> 4580 m <sup>2</sup> |
| <b>Ebene:</b> Regelgeschoss / Buero        |
| <b>Datum:</b> 31.03.2009                   |



|  | <b>Angaben:</b>  | <b>Beispiele:</b>  |
|--|--|--|
| 1.1 System   | Raffstore als Wärme-, Licht- und Blendschutz                           | Raffstore, Fallarm-Markise, Stoffgewebe, Metallgewebe etc. |
| 1.2 Fabrikat   |  | Warema, Krülland etc.                                      |
| 1.3 Typ  |  | Krülland HORISO FM 92-2074 etc.                            |
| 1.4 Behangart  | Alu-Lamellenraffstore mit Tageslichtabhangung (Leiterbandverkurzung) | Raffstore mit Tageslichtleitkung etc.                      |
| 1.5 Perforation  | ohne   | vollflächig perforiert, halbflächig perforiert etc.      |
| 1.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)   | 80 mm  | Lamellen 100mm etc.  |
| 1.7 Behangfarbe innen/aussen   | RAL 9006   | hellgrau/weiß etc.   |
| 1.8 Lamellenabstand  |  | 35mm etc.  |
| 1.9 Antriebsart / Motortyp   | motorisch angetrieben  | E-Motor Standard, DMI, Handkurbel etc.                     |
| 1.10 Führung des Behanges   | polyamidummantelte Stahldrahtlitze                                    | Schiene, Drahtseil etc.                                    |
| 1.11 Behangsystem Abmessungen  | 2,7 x 2,27 m, 2-teilig   | Breite x Höhle [mm]                                       |
| 1.12 Lichte Abstand Bauart zur Verglasung  | 35 mm  | Abmessung [mm]   |
| 1.13 g <sub>total</sub><br>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutz (aussen) |  | g <sub>total</sub> = 0,2 etc.                              |
| 1.14 F <sub>c</sub> Wert<br>g <sub>total</sub> / g (Verglasung)                                | 0,25   | F <sub>c</sub> = 0,25 etc.                                 |
| 1.15 Zustand Sonnenschutz  | funktionsfähig  | Funktionsfähigkeit, Seilspannung, Oberflächen etc.       |
| 1.16 Datenblätter zum System, Prüfbereiche / Messprotokolle                                  |  | PDF Unterlagen, siehe Anhang A etc.                        |
| 1.17 Planung (Ansicht, Systemschnitt)  |  | PDF Planausschnitte, siehe Anhang B etc.                   |
| 1.18 Fotodokumentation   |  | Ist Zustand Bestand, siehe Anhang C                        |
| 1.19 Sonstiges   |  | Notizen etc.   |



**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand | ZUBLIN BILFINGER BERGER<br>Hochbau |
|---|------------------------------------|

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| Gebäude:        | Züblin Z-zwo          |
| Fassadenfläche: | 4580 m <sup>2</sup>   |
| Ebene:          | Regelgeschoss / Buero |
| Datum:          | 31.03.2009            |

**2 Verglasung:**




|   | Angaben: | Beispiel:                        |
|---|----------|----------------------------------|
| 2.1 Verglasungsart                              |          | 2-fach Isolierverglasung<br>etc. |
| 2.2 Verglasungshersteller                       |          | Interpane<br>etc.                |
| 2.3 Verglasungstyp                              |          | ipasol neutral 60/31<br>etc.     |
| 2.4 Verglasungsaufbau                           |          | 8/16/6<br>etc.                   |
| 2.5 Wärmedurchgangkoeffizient der Verglasung Ug |          | 1,1 W/m <sup>2</sup> K<br>etc.   |
| 2.6 Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g | 0,6      | 0,32<br>etc.                     |
| 2.7 Lichttransmissionsgrad $\tau_v$             |          | 59%<br>etc.                      |
| 2.8 Sonstiges                                   |          | Notizen<br>etc.                  |

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|   |  |
|---|--|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|---|--|

|  |
|--|
| <b>Gebäude:</b> Züblin Z-zwo               |
| <b>Fassadenfläche:</b> 4580 m <sup>2</sup> |
| <b>Ebene:</b> Regelgeschoss / Buero        |
| <b>Datum:</b> 31.03.2009                   |

**3 Bauart innenseitig:**



|   | <b>Angaben:</b> | <b>Beispiel:</b>   |
|---|-----------------|--|
| 3.1 System  | ohne            | Raffstore, Rollo, Vertikal-Jalousien, Lamellen im SZR etc. |
| 3.2 Fabrikat  | -               | Krülland etc.  |
| 3.3 Typ   | -               | Krülland VERTISO E 127 4012/117 Veroglim etc.              |
| 3.4 Behangart   | -               | Gewebe, Aluminiumlamelle etc.                              |
| 3.5 Perforation   | -               | vollflächig perforiert, halbflächig perforiert etc.        |
| 3.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)   | -               | Lamellen 100mm etc.  |
| 3.7 Behangfarbe innen / aussen  | -               | hellgrau/weiß etc.   |
| 3.8 Lamellenabstand   | -               | 35mm etc.  |
| 3.9 Antriebsart / Motortyp  | -               | E-Motor Standard,DMI, Handkurbel etc.                      |
| 3.10 Behangsystem Abmessungen   | -               | Breite x Höhe  |
| 3.11 Lichter Abstand Bauart zur Verglasung  | -               | Abmessung [mm]   |
| 3.12 $g_{\text{total}}$<br>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutz (innen) | -               | $g_{\text{total}} = 0,2$ etc.                              |
| 3.13 $F_C$ Wert<br>$g_{\text{total}} / g$ (Verglasung)  | -               | $F_C = 0,25$ etc.  |
| 3.14 Datenblätter zum System, Prüfbereiche / Messprotokolle                                   | -               | PDF Unterlagen, siehe Anhang D etc.                        |
| 3.15 Zustand Sonnenschutz   | -               | Funktionsfähigkeit, Seilspannung, Oberflächen etc.         |
| 3.16 Planung (Ansicht, Systemschnitt)   | -               | PDF Planausschnitte, siehe Anhang E etc.                   |
| 3.17 Fotodokumentation  | -               | Ist Zustand Bestand, siehe Anhang F                        |
| 3.18 Sonstiges  |                 | Notizen etc.   |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13**


|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|--|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin Z-zwo          |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 4580 m <sup>2</sup>   |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 31.03.2009            |



|   | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>   |
|---|---|--|
| 4.1 Steuerung übergeordnet  | zentraler Jalousierechner, steuerbar über Zeit, Wind und Licht  | Zentrale Steuerung mit unterleitung für die Nord-, Süd-, West-, Ost- Fassade etc.  |
| 4.2 Art der Steuerung   | BUS bei Zeit, Wind, Licht und manuell für Benutzer  | BUS, LON, manuell, automatische Lamellennachführung etc.   |
| 4.3 Gebäudeunterteilung der übergeordneten Steuerung  | 96 Gruppen auf 5 Etagen in 4 Bauteilen Nord A+B bis Mitte Süd C+D von Mitte   | Nord-, Süd-, West-, Ostfassade, Raumabschnitte, EG+1.OG ohne übergeordnete Steuerung etc.  |
| 4.4 Steuerung individuell (d. Nutzer)   | individuell raumweise, achsweise Taster auf Fenstersims für 2,7 m (2 Fensterachsen) Auf/Ab/Lamellenstellung                                 | Individuelle Eingriffsmöglichkeit auf Steuerung über Bedienpaneel, Auf/Ab/Lamellenstellung etc.  |
| 4.5 Steuerungs Sensoren (Licht / Wind/Temperatur/Strahlung)                                       | Windwächter 2x, Windrichtungsmesser Licht(Photo)sensoren 4x Gruppen auf Sensoren angepasst Sonnenstandsanzeige                              | Windwächter zentral. Strahlungssensoren jeweils für die Nord-, Süd-, West-, Ost-Fassade etc.   |
| 4.6 Steuerungs Schaltgrenzen  | bei Wind >10 m/sek länger als 10 sek hoch bei Wind <10 m/sek ab 2 min runter<br><br>Sonne 15 KLX<br>Wolken 10 KLX<br>ein 2 sek - aus 10 sek | Die Behänge werden ab Windgeschwindigkeit von 5 m/s eingefahren.<br>Die Behänge werden ab einer Leuchtdichte von 3.000 cd/m <sup>2</sup> abgelassen. |
| 4.7 Steuerungs Einstellungen der Logik (Sommer- und Winterbetrieb, Wochenend- und Nachtsteuerung) | Zeitumstellung manuell Gruppe 1-8 EG Nord 20:00 - 5:00 runter Mo - So   | Winterbetrieb <+10 °C SoSchu bleibt Nachts und am Woe offen. Sommerbetrieb >+10 °C SoSchu bleibt Nachts offen und am Woe geschlossen. etc.           |
| 4.8 Steuerung Schemaplan Steuerungs Logistik  |   | Planung, siehe Anhang G etc.   |
| 4.9 Sonstiges   |   | Notizen etc.   |

**Anlage 1:** „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | Züblin Z-zwo          |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 4580 m <sup>2</sup>   |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 31.03.2009            |

**5 Betrieb / Wartung:**



|                         | <b>Angaben:</b>  | <b>Beispiel:</b>  |
|-------------------------|--|---|
| 5.1 Art der Wartung     | Manuell, Funktionsprobe gesamt<br>Funktionsprobe Büro          | Manuell mit/ohne Leiter,<br>Befahranlage aussen/innen<br>etc.             |
| 5.2 Wartungsintervalle  | 1x Jährlich<br>Reinigung separate Beauftragung                 | alle 2 Jahre Reinigung Behang,<br>alle 2 Jahre Funktionskontrolle<br>etc. |
| 5.3 Aufwand der Wartung | Funktionsprobe 5 - 10 min pro Büro<br>+ Zentrale<br>+ Sensorik | 10 min Reinigung je Behang,<br>5 min Funktionsprüfung<br>etc.             |
| 5.4 Kosten der Wartung  |  | Arbeitszeit und Material 6,00<br>EUR je Behang<br>etc.                    |
| 5.5 Sonstiges           | Überprüfung: 2x Windwächter,<br>4x Photosensoren, Zentral PC   | Notizen<br>etc.   |

**6 Nutzer:**

|  | <b>Angaben:</b>                     | <b>Beispiel:</b>         |
|--|-------------------------------------|--------------------------|
| 6.1 Nutzerprofil                         | Büroarbeitsplätze, hauptsächlich PC | PC Arbeitsplatz,<br>etc. |
| 6.2 Nutzerbefragung, Nutzerzufriedenheit | siehe Anhang F                      |                          |
| 6.3 Sonstiges                            |                                     | Notizen<br>etc.          |

**Anlage 1: „Anlage 1 Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des Z-  
Zwo,  
zu Bericht: Kapitel 3.13**

|  |  |
|--|--|
| <b>ANHANG F</b><br>Kurzfragebogen zu unserer Analyse<br>Sonnenschutz |   |
|--|--|

|                            |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Gebäude:                   |  |  |  |  |
| Raum Nr.:                  |  |  |  |  |
| Geschoss:                  |  |  |  |  |
| Datum: . . . / . . . : Uhr |  |  |  |  |

**Einige Fragen zu Ihrer Person**

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>Geschlecht</b><br><input type="radio"/> männlich<br><input type="radio"/> weiblich | <b>Arbeiten Sie in einem</b><br><input type="radio"/> Einzelbüro<br><input type="radio"/> Gruppenbüro mit ___ Arbeitsplätzen | <b>Haben Sie einen Bildschirmarbeitsplatz</b><br><input type="radio"/> Ja<br><input type="radio"/> Nein |
|---|--|---|

**Wie viele Stunden verbringen Sie an einem durchschnittlichen Arbeitstag an Ihrem Büroarbeitsplatz?**

1 bis 4 Stunden     
  4 bis 7 Stunden     
  7 bis 10 Stunden

**Einige Fragen zu dem Sonnenschutz an Ihrem Arbeitsplatz**

1. Die Helligkeit im Raum empfinde ich im Moment als:  
 extrem zu hell O   
  zu hell O   
  angenehm O   
  zu dunkel O   
  extrem zu dunkel O
2. Wie beurteilen Sie den vorhandenen Sonnen- und Blendschutz an Ihrem Arbeitsplatz ?  
 sehr schlecht O   
  schlecht O   
  neutral O   
  gut O   
  sehr gut O
3. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch natürliches Tageslicht ?  
 sehr schlecht O   
  schlecht O   
  neutral O   
  gut O   
  sehr gut O
4. Werden Sie trotz geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz geblendet ?  
 sehr oft O   
  oft O   
  selten O   
  so gut wie nie O
5. Wie beurteilen Sie Ihren Ausblick ins Freie bei geschlossenem Sonnen- bzw. Blendschutz  
 stark eingeschränkt O   
  eingeschränkt O   
  leicht eingeschränkt O   
  nicht einschränkt O
6. Wie empfinden Sie die automatische Steuerung (falls vorhanden) des Sonnenschutzes?  
 Eher positiv O   
  positiv O   
  neutral O   
  negativ O   
  eher negativ O
7. Wie regeln Sie die Helligkeit im Raum bei geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz?  
 mit zuschalten von Kunstlicht O   
  mit teilweisen öffnen des Sonnen- bzw. Blendschutzes O   
  garnicht O
8. Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:  
 sehr unangenehm O   
  unangenehm O   
  neutral O   
  angenehm O   
  sehr angenehm O
9. Wenn Sie noch etwas über Ihren Arbeitsplatz oder diesen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

**Vielen Dank !**

Für Infos und Fragen :  
[thomas.knabe@zueblin.de](mailto:thomas.knabe@zueblin.de)  
 0711 / 7883 - 274

**Ergebnisse siehe Ergebnisbericht 2B-3.8.4.0. „Abfrage der Nutzerzufriedenheit nach einem einheitlichen Kriterienkatalog“**

**Anlage 1: Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,**  
*zu Bericht: Kapitel 3.13*

|   |              |
|---|--------------|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand  |              |
| Bauvorhaben: <b>DVA Neckarstrasse 121</b><br>Projektnummer: <b>570 / SDWA / 24932-22</b><br>Baujahr/Sanierung: <b>_____ / 2006</b><br>Standort: <b>Stuttgart / Stadt</b><br>Städtebauliche Einordnung: <b>Innenstadt</b><br>Nachbarbebauung: <b>Wohn- und Bürogebäude</b><br>Gebäudenutzung: <b>Bürogebäude</b><br>A/V-Verhältnis: <b>0,30</b><br>Geschosshzahl: <b>5 ab EG + Technikaufbau</b> | Photo Objekt |
| Teilnehmer: <b>M.Senger</b> ..... Begehung am: <b>09.06.2009</b> .....<br>.....<br>Erstellt am: <b>10.06.2009</b> ..... Unterschrift: .....   |              |
| Gebäudehülle:<br>Folgende Konstruktionen sind enthalten: <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> </div>   |              |
| Besonderheiten:<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....<br>.....  |              |

**Anlage 1:** Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | DVA Neckarstrasse 121 |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 18163 m <sup>2</sup>  |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 09.06.2009            |

**0.1 Fenster und Fassaden**  
für Erfassungsliste TGA Pkt. 3.2.1



|   | <b>Angaben:</b>                                       | <b>Beispiel:</b>                                      |
|---|---|---|
| 0.1.1 System / Konstruktion                                     | Lochfenster<br>Achsraster 1,7 m                       | P/R Fassade, Lochfenster,<br>Elementfassade etc.      |
| 0.1.2 Systemgeber   | Schüco Royal S 70                                     | Schüco, Wicona etc.                                   |
| 0.1.3 Material  | Aluminium   | Aluminium, Holz, Kunststoff etc.                      |
| 0.1.4 Herstelljahr  | 2006  |   |
| 0.1.5 Abmessungen Element                                       | 1300 x 1800 mm  | Breite x Höhe [mm]                                    |
| 0.1.6 Öffnungsart   | Dreh-Kipp, manuell                                    | Fest, Dreh, Kipp, Dreh-Kipp,<br>Ausstellflügel etc.   |
| 0.1.7 Wärmedurchgangkoeffizient der Konstruktion U <sub>w</sub> | 1,5<br>(Rahmenanteil 1,1)                             | 1,1 W/m <sup>2</sup> K<br>etc.                        |
| 0.1.8 Gesamtenergiedurchlassgrad der Konstruktion g             | 0,58  | 0,32<br>etc.  |
| 0.1.9 Sonnenschutztyp<br>(siehe Pkt. 1 bis 3)                   | außen Lamellenraffstore,<br>innen Vorhang             | ja / nein; bei ja: Raffstore<br>aussen etc.           |
| 0.1.10 Sonnenschutz Steuerung<br>(siehe Pkt. 4)                 | außen elektr. lokal, elektr. zentral<br>innen manuell | manuell, elektr. lokal, elektr.<br>zentral, GLT, etc. |
| 0.1.11 Sonstiges  | Fenster: Ingolf Schulze Metallbau GmbH                | Notizen<br>etc.                                       |
|   |   |   |



**Anlage 1: Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,**  
*zu Bericht: Kapitel 3.13*

|   |  |
|---|--|
| Resourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand | <b>ZUBLIN</b> <b>BILFINGER BERGER</b><br>Hochbau |
|---|--|

|   |
|---|
| <b>Gebäude:</b> DVA Neckarstrasse 121       |
| <b>Fassadenfläche:</b> 18163 m <sup>2</sup> |
| <b>Ebene:</b> Regelgeschoss / Buero         |
| <b>Datum:</b> 09.06.2009                    |



|  | <b>Angaben:</b>   | <b>Beispiel:</b>   |
|--|---|--|
| 1.1 System   | Lamellenraffstore   | Raffstore, Fallarm-Markise, Stoffgewebe, Metallgewebe etc. |
| 1.2 Fabrikat   | Warema  | Warema, Krülland etc.                                      |
| 1.3 Typ  | Raffstore E60 AF AS   | Krülland HORISO FM 92-2074 etc.                            |
| 1.4 Behangart  | Lamellen ohne Tageslichtleitlenkung   | Raffstore mit Tageslichtleitlenkung etc.                   |
| 1.5 Perforation  | ohne Perforation  | vollflächig perforiert, halbflächig perforiert etc.        |
| 1.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)  | 60 mm   | Lamellen 100mm etc.  |
| 1.7 Behangfarbe innen/aussen   | hellgrau/hellgrau   | hellgrau/weiß etc.   |
| 1.8 Lamellenabstand  | 70 mm   | 35mm etc.  |
| 1.9 Antriebsart / Motortyp   | elektrisch betrieben, zentral über Wind- Zeit- oder Generalfunktion. Einzelsteuerung Raumweise. | E-Motor Standard, DMI, Handkurbel etc.                     |
| 1.10 Führung des Behanges  | Stahldrahtlitze   | Schiene, Drahtseil etc.                                    |
| 1.11 Behangsystem Abmessungen  | 1300 x 1800 mm  | Breite x Höhe [mm]   |
| 1.12 Lichter Abstand Bauart zur Verglasung   | 30 mm   | Abmessung [mm]   |
| 1.13 $g_{\text{total}}$<br>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutz (aussen) |   | $g_{\text{total}} = 0,2$ etc.                              |
| 1.14 $F_c$ Wert<br>$g_{\text{total}} / g$ (Verglasung)   | 0,16  | $F_c = 0,25$ etc.  |
| 1.15 Zustand Sonnenschutz  | funktionsfähig, Seil auf Spannung, stark verschmutzt.   | Funktionsfähigkeit, Seilspannung, Oberflächen etc.         |
| 1.16 Datenblätter zum System, Prüfbereiche / Messprotokolle                                    |   | PDF Unterlagen, siehe Anhang A etc.                        |
| 1.17 Planung (Ansicht, Systemschnitt)  |   | PDF Planausschnitte, siehe Anhang B etc.                   |
| 1.18 Fotodokumentation   |   | Ist Zustand Bestand, siehe Anhang C                        |
| 1.19 Sonstiges   |   | Notizen etc.   |



**Anlage 1:** Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|


|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | DVA Neckarstrasse 121 |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 18163 m <sup>2</sup>  |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 09.06.2009            |

**2 Verglasung:**



|   | <b>Angaben:</b>  | <b>Beispiel:</b>              |
|---|--|-------------------------------|
| 2.1 Verglasungsart                              | 2-fach Isolierverglasung mit Argon Gas im SZR  | 2-fach Isolierverglasung etc. |
| 2.2 Verglasungshersteller                       | Arnold Glas, Remshalden  | Interpane etc.                |
| 2.3 Verglasungstyp                              | Isolar Multipact Neutralux   | ipasol neutral 60/31 etc.     |
| 2.4 Verglasungsaufbau                           | 8/18/6<br>Glasgröße ca. 1050 x 1500  | 8/16/6 etc.                   |
| 2.5 Wärmedurchgangkoeffizient der Verglasung Ug | 1,1  | 1,1 W/m <sup>2</sup> K etc.   |
| 2.6 Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung g | 0,60   | 0,32 etc.                     |
| 2.7 Lichttransmissionsgrad $\tau_v$             | 78%  | 59% etc.                      |
| 2.8 Sonstiges                                   | Schallschutzklasse 4 zur Süd-Ost (Strasse)<br>Schallschutzklasse 3 zur Nord-West (Hof) | Notizen etc.                  |

**Anlage 1: Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,**  
*zu Bericht: Kapitel 3.13*

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|--|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | DVA Neckarstrasse 121 |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 18163 m <sup>2</sup>  |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 09.06.2009            |

**3 Bauart innenseitig:**



|   | <b>Angaben:</b> | <b>Beispiel:</b>   |
|---|-----------------|--|
| 3.1 System  | Vorhang         | Raffstore, Rollo, Vertikal-Jalousien, Lamellen im SZR etc. |
| 3.2 Fabrikat  |                 | Krülland etc.  |
| 3.3 Typ   |                 | Krülland VERTISO E 127 4012/117 Veroglim etc.              |
| 3.4 Behangart   | Gewebe          | Gewebe, Aluminiumlamelle etc.                              |
| 3.5 Perforation   |                 | vollflächig perforiert, halblächig perforiert etc.         |
| 3.6 Behangabmessung (Bauteilstärke)   |                 | Lamellen 100mm etc.  |
| 3.7 Behangfarbe innen / aussen  | weiß            | hellgrau/weiß etc.   |
| 3.8 Lamellenabstand   |                 | 35mm etc.  |
| 3.9 Antriebsart / Motortyp  | manuell         | E-Motor Standard,DMI, Handkurbel etc.                      |
| 3.10 Behangsystem Abmessungen   | 1300 x 1800 mm  | Breite x Höhe  |
| 3.11 Lichter Abstand Bauart zur Verglasung  | 200 mm          | Abmessung [mm]   |
| 3.12 $g_{\text{total}}$<br>Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und Sonnenschutz (innen) |                 | $g_{\text{total}} = 0,2$ etc.                              |
| 3.13 $F_C$ Wert<br>$g_{\text{total}} / g$ (Verglasung)  | 0,16            | $F_C = 0,25$ etc.  |
| 3.14 Datenblätter zum System, Prüfbereiche / Messprotokolle                                   |                 | PDF Unterlagen, siehe Anhang D etc.                        |
| 3.15 Zustand Sonnenschutz   | funktionsfähig  | Funktionsfähigkeit, Seilspannung, Oberflächen etc.         |
| 3.16 Planung (Ansicht, Systemschnitt)   |                 | PDF Planausschnitte, siehe Anhang E etc.                   |
| 3.17 Fotodokumentation  |                 | Ist Zustand Bestand, siehe Anhang F                        |
| 3.18 Sonstiges  |                 | Notizen etc.   |

## Anlage 1: Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes, zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |  |
|--|--|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|--|

|                 |                       |
|-----------------|-----------------------|
| Gebäude:        | DVA Neckarstrasse 121 |
| Fassadenfläche: | 18163 m <sup>2</sup>  |
| Ebene:          | Regelgeschoss / Buero |
| Datum:          | 09.06.2009            |

**4 Steuerung:**



|   | Angaben:   | Beispiel:  |
|---|--|--|
| 4.1 Steuerung übergeordnet  | Warema MSE Kompakt 2 ZL - AP<br>Zentralbedienung über örtlicher Bedienung.                                       | Zentrale Steuerung mit<br>unterleitung für die Nord-, Süd-,<br>West-, Ost- Fassade<br>etc.   |
| 4.2 Art der Steuerung   |  | BUS, LON, manuell,<br>automatische<br>Lamellennachführung<br>etc.  |
| 4.3 Gebäudeunterteilung der übergeordneten Steuerung  |  | Nord-, Süd-, West-, Ostfassade,<br>Raumabschnitte, EG+1.OG<br>ohne übergeordnete Steuerung<br>etc.   |
| 4.4 Steuerung individuell (d. Nutzer)   | Individuelle Eingriffsmöglichkeit auf Steuerung<br>über Bedienpaneel, Auf/Ab/Lamellenstellung,<br>Permanentlogik | Individuelle Eingriffsmöglichkeit<br>auf Steuerung über<br>Bedienpaneel,<br>Auf/Ab/Lamellenstellung<br>etc.  |
| 4.5 Steuerungs Sensoren<br>(Licht / Wind/Temperatur/Strahlung)  |  | Windwächter zentral.<br>Strahlungssensoren jeweils für<br>die Nord-, Süd-, West-, Ost-<br>Fassade<br>etc.  |
| 4.6 Steuerungs Schaltgrenzen  |  | Die Behänge werden ab<br>Windgeschwindigkeit von 5 m/s<br>eingefahren.<br>Die Behänge werden ab einer<br>Leuchtdichte von 3.000 cd/m <sup>2</sup><br>abgelassen. |
| 4.7 Steuerungs Einstellungen der Logik<br>(Sommer- und Winterbetrieb, Wochenend- und<br>Nachtsteuerung) |  | Winterbetrieb <+10 °C SoSchu<br>bleibt Nachts und am Woe offen.<br>Sommerbetrieb >+10 °C SoSchu<br>bleibt Nachts offen und am Woe<br>geschlossen.<br>etc.        |
| 4.8 Steuerung Schemaplan<br>Steuerungs Logistik   |  | Planung, siehe Anhang G<br>etc.  |
| 4.9 Sonstiges   |  | Notizen<br>etc.  |

**Anlage 1:** Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,  
zu Bericht: Kapitel 3.13

|  |   |
|--|---|
| Ressourceneffizientes Gebäude<br>Erfassungsliste für Sonnenschutz im Bestand |   |
|--|---|

|                        |                       |
|------------------------|-----------------------|
| <b>Gebäude:</b>        | DVA Neckarstrasse 121 |
| <b>Fassadenfläche:</b> | 18163 m²              |
| <b>Ebene:</b>          | Regelgeschoss / Buero |
| <b>Datum:</b>          | 09.06.2009            |

**5 Betrieb / Wartung:**



|                         | <b>Angaben:</b> | <b>Beispiel:</b>  |
|-------------------------|-----------------|---|
| 5.1 Art der Wartung     |                 | Manuell mit/ohne Leiter, Befahranlage aussen/innen etc.             |
| 5.2 Wartungsintervalle  |                 | alle 2 Jahre Reinigung Behang, alle 2 Jahre Funktionskontrolle etc. |
| 5.3 Aufwand der Wartung |                 | 10 min Reinigung je Behang, 5 min Funktionsprüfung etc.             |
| 5.4 Kosten der Wartung  |                 | Arbeitszeit und Material 6,00 EUR je Behang etc.                    |
| 5.5 Sonstiges           |                 | Notizen etc.  |

**6 Nutzer:**

|  | <b>Angaben:</b>  | <b>Beispiel:</b>      |
|--|------------------|-----------------------|
| 6.1 Nutzerprofil                         | PC Arbeitsplätze | PC Arbeitsplatz, etc. |
| 6.2 Nutzerbefragung, Nutzerzufriedenheit | Anhang F         |                       |
| 6.3 Sonstiges                            |                  | Notizen etc.          |

**Anlage 1: Erfassungsliste Fassade Sonnenschutz des DVA Gebäudes,**  
*zu Bericht: Kapitel 3.13*

|  |  |
|--|--|
| <b>ANHANG F</b><br>Kurzfragebogen zu unserer Analyse<br>Sonnenschutz |  |
|--|--|

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
| <b>Gebäude:</b>                          |  |  |  |  |  |
| <b>Raum Nr.:</b>                         |  |  |  |  |  |
| <b>Geschoss:</b>                         |  |  |  |  |  |
| <b>Datum:</b> . . . / . . . : <b>Uhr</b> |  |  |  |  |  |

**Einige Fragen zu Ihrer Person**

|                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| <b>Geschlecht</b>              | <b>Arbeiten Sie in einem</b>                             | <b>Haben Sie einen Bildschirmarbeitsplatz</b> |
| <input type="radio"/> männlich | <input type="radio"/> Einzelbüro                         | <input type="radio"/> Ja                      |
| <input type="radio"/> weiblich | <input type="radio"/> Gruppenbüro mit ___ Arbeitsplätzen | <input type="radio"/> Nein                    |

**Wie viele Stunden verbringen Sie an einem durchschnittlichen Arbeitstag an Ihrem Büroarbeitsplatz?**

1 bis 4 Stunden       4 bis 7 Stunden       7 bis 10 Stunden

**Einige Fragen zu dem Sonnenschutz an Ihrem Arbeitsplatz**

1. Die Helligkeit im Raum empfinde ich im Moment als:  

|                                      |                               |                                |                                 |  |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
| extrem zu hell <input type="radio"/> | zu hell <input type="radio"/> | angenehm <input type="radio"/> | zu dunkel <input type="radio"/> | extrem zu dunkel <input type="radio"/> |
|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|
2. Wie beurteilen Sie den vorhandenen Sonnen- und Blendschutz an Ihrem Arbeitsplatz ?  

|                                     |                                |                               |                           |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| sehr schlecht <input type="radio"/> | schlecht <input type="radio"/> | neutral <input type="radio"/> | gut <input type="radio"/> | sehr gut <input type="radio"/> |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
3. Wie beurteilen Sie die Beleuchtung Ihres Arbeitsplatzes durch natürliches Tageslicht ?  

|                                     |                                |                               |                           |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| sehr schlecht <input type="radio"/> | schlecht <input type="radio"/> | neutral <input type="radio"/> | gut <input type="radio"/> | sehr gut <input type="radio"/> |
|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
4. Werden Sie trotz geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz geblendet ?  

|                                |                           |                              |                                      |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| sehr oft <input type="radio"/> | oft <input type="radio"/> | selten <input type="radio"/> | so gut wie nie <input type="radio"/> |
|--------------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
5. Wie beurteilen Sie Ihren Ausblick ins Freie bei geschlossenem Sonnen- bzw. Blendschutz  

|   |                                     |  |   |
|---|-------------------------------------|--|---|
| stark eingeschränkt <input type="radio"/> | eingeschränkt <input type="radio"/> | leicht eingeschränkt <input type="radio"/> | nicht einschränkt <input type="radio"/> |
|---|-------------------------------------|--|---|
6. Wie empfinden Sie die automatische Steuerung (falls vorhanden) des Sonnenschutzes?  

|                                    |                               |                               |                               |                                    |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| Eher positiv <input type="radio"/> | positiv <input type="radio"/> | neutral <input type="radio"/> | negativ <input type="radio"/> | eher negativ <input type="radio"/> |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
7. Wie regeln Sie die Helligkeit im Raum bei geschlossenen Sonnen- bzw. Blendschutz?  

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
| mit zuschalten von Kunstlicht <input type="radio"/> | mit teilweisen öffnen des Sonnen- bzw. Blendschutzes <input type="radio"/> | garnicht <input type="radio"/> |
|---|--|--------------------------------|
8. Insgesamt empfinde ich meinen Arbeitsplatz als:  

|                                       |                                  |                               |                                |                                     |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| sehr unangenehm <input type="radio"/> | unangenehm <input type="radio"/> | neutral <input type="radio"/> | angenehm <input type="radio"/> | sehr angenehm <input type="radio"/> |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
9. Wenn Sie noch etwas über Ihren Arbeitsplatz oder diesen Fragebogen mitteilen möchten, können Sie dies hier tun:

**Vielen Dank !**

*Für Infos und Fragen :*  
[thomas.knabe@zueblin.de](mailto:thomas.knabe@zueblin.de)  
 0711 / 7883 - 274

**Ergebnisse siehe Ergebnisbericht 2C-3.8.4.0. „Abfrage der Nutzerzufriedenheit nach einem einheitlichen Kriterienkatalog“**

## **Anlage 1:** Berechnung der LCC - Nullmessung

*zu Bericht: Kapitel 6.6.4*

Die Anlage enthält 3 Seiten

Allgemein

Gebäudeart

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Bruttogrundfläche (BGF) | 27.829 m <sup>2</sup> |
| Nettogrundfläche (NGF)  | 24.281 m <sup>2</sup> |

|                      |      |
|----------------------|------|
| Herstellungsjahr     | 1985 |
| Zertifizierungsjahr  | 2009 |
| Betrachtungszeitraum | 50 a |

Herstellkosten nach DIN 276

|        |              |
|--------|--------------|
| KG 300 | 18.938.000 € |
| KG 400 | 5.668.500 €  |

|        |             |
|--------|-------------|
| KG 410 | 637.200 €   |
| KG 420 | 897.500 €   |
| KG 430 | 1.163.000 € |
| KG 440 | 1.302.800 € |
| KG 450 | 235.500 €   |
| KG 460 | 759.500 €   |
| KG 470 | 673.000 €   |

Betriebskosten

Heizung

**Energieträger 1**

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 4.648.535 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,04 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 1.046,00 €/a    |

**Energieträger 2**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 3**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 4**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Trink- und Abwasser nach SB 14

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Frischwasserverbrauch | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Schmutzwassermenge    | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Niederschlagswasser   | 7.133,00 m <sup>3</sup> /a |
| jährlicher Grundpreis | 1.000,00 €/a               |

Strom

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Endenergiebedarf Strom      | 1.472.255 kWh/a |
| jährlicher Grundpreis Strom | 1.000,00 €/a    |

Reinigung

Bodenbelagsart, normal belastet

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, weich | 1.440 m <sup>2</sup> |
| Textilbelag             | 9.071 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     | 2.626 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |

Bodenbelagsart, stark belastet (inkl. Treppen)

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, hart | 3.440 m <sup>2</sup> |
| keramische Fliesen     | 132 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            | 5.125 m <sup>2</sup> |
| Parkett                | 379 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            |                      |

Fensterfläche

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| normal zugänglich | 3.572 m <sup>2</sup> |
| normal zugänglich | 342 m <sup>2</sup>   |
| schwer zugänglich | 3.496 m <sup>2</sup> |

Außenwandbekleidung

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Kunststein / Werkstein | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Kunststein / Werkstein | 536 m <sup>2</sup>   |
| Keramik                | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Glas variabel          | 536 m <sup>2</sup>   |

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Anzahl der Innentüren | 961 Stk.             |
| Fläche Sanitär        | 689 m <sup>2</sup>   |
| Fläche Sonnenschutz   | 2.709 m <sup>2</sup> |

Datum: 2009-08-27  
 Bearbeiter: Herr Schaffer  
 Projektnummer:  
 Dokumentenkennzeichen:  
 20100319-Null~

### Berechnung der LCC V2008 Neubau

### Züblin Hauptverwaltung Nullmessung



Ed. Züblin AG

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Herstellkosten der KG 300   | 18.938.000 €               |
| Herstellkosten der KG 400   | 5.668.500 €                |
| <b>Summe</b>  | <b>884 €/m<sup>2</sup></b> |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 300                                 | 97 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 400                                 | 78 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 54 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 69 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Reinigungskosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                            | 121 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Energiekosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                               | 438 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und Entsorgung zum Zeitpunkt der Zertifizierung        | 30 €/m <sup>2</sup>        |
| <b>Summe</b>  | <b>918 €/m<sup>2</sup></b> |

|                  |                       |                      |            |             |
|------------------|-----------------------|----------------------|------------|-------------|
| <b>Bewertung</b> | <b>Herstellkosten</b> | 884 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 4,0 Punkte  |
|                  | <b>Nutzungskosten</b> | 918 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 6,0 Punkte  |
|                  | Summe                 |                      |            | 10,0 Punkte |



**Nullmessung**

**Bodenreinigung normal**

|              |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|--------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 1 | 5 | 0,051744583       | 6           | 0,310467498           |
| Bodenbelag 2 | 7 | 0,325954939       | 5           | 1,629774695           |
| Bodenbelag 3 | 4 | 0,094361996       | 3,75        | 0,353857487           |
| Bodenbelag 4 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
| Bodenbelag 5 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
|              |   |                   |             | <b>2,29 €/m²BGF*a</b> |

**Bodenreinigung stark**

|               |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|---------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 6  | 4 | 0,123612059       | 4,41        | 0,545129182           |
| Bodenbelag 7  | 1 | 0,004743253       | 7,06        | 0,033487369           |
| Bodenbelag 8  | 6 | 0,184160408       | 4,41        | 0,8121474             |
| Bodenbelag 9  | 5 | 0,013618887       | 7,06        | 0,096149341           |
| Bodenbelag 10 | 6 | 0                 | 4,41        | 0                     |
|               |   |                   |             | <b>1,49 €/m²BGF*a</b> |

**Fensterreinigung**

|           |   | Fensterfläche / BGF | €/ m²(Ff)*a |                       |
|-----------|---|---------------------|-------------|-----------------------|
| Fenster 1 | 2 | 0,128355313         | 1,5         | 0,192532969           |
| Fenster 2 | 2 | 0,012289338         | 1,5         | 0,018434008           |
| Fenster 3 | 3 | 0,125624349         | 2,31        | 0,290192245           |
|           |   |                     |             | <b>0,50 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Sanitär**

|  | Sanitärfläche / BGF | €/ m²(Sf)*a |                       |
|--|---------------------|-------------|-----------------------|
|  | 0,024758346         | 19          | <b>0,47 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Türen**

|  | 961 | 0,24 | <b>0,01 €/m²BGF*a</b> |
|--|-----|------|-----------------------|
|--|-----|------|-----------------------|

**Reinigung Außenwandbekleidung**

|             |   | Außenwandfläche / BGF | €/ m²(AW)*a |             |
|-------------|---|-----------------------|-------------|-------------|
| Außenwand 1 | 7 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 2 | 7 | 0,019260484           | 0,63        | 0,012134105 |
| Außenwand 3 | 6 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 4 | 4 | 0,019260484           | 0,19        | 0,003659492 |
|             |   |                       |             | <b>0,19</b> |

**Reinigung Sonnenschutz**

|  | Sonnenschutzfläche /BGF | €/ m²(SSf)*a |                       |
|--|-------------------------|--------------|-----------------------|
|  | 0,097344497             | 1,25         | <b>0,12 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung gesamt**

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Bodenreinigung normal | 2,29 €/m²BGF*a |
| Bodenreinigung stark  | 1,49 €/m²BGF*a |
| Fensterreinigung      | 0,50 €/m²BGF*a |
| Reinigung Sanitär     | 0,47 €/m²BGF*a |
| Türen                 | 0,01 €/m²BGF*a |
| Außenwandbekleidung   | 0,19 €/m²BGF*a |
| Sonnenschutz          | 0,12 €/m²BGF*a |
| <b>5,08 €/m²BGF*a</b> |                |

**Heizkosten**

|               | Heizwert | Endenergie | ME/a      | €/ME      | Grundpreis | Gesamtkosten |                        |
|---------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|--------------|------------------------|
| Heizenergie 1 | 4        | 0,9        | 4.648.535 | 5.165.039 | 0,0398     | 1.046        | 206.614,55 €           |
| Heizenergie 2 | 4        | 0,9        | 0         | 0         | 0          | 0            | 0,00 €                 |
| Heizenergie 3 | 4        | 0,9        | 0         | 0         | 0          | 0            | 0,00 €                 |
| Heizenergie 4 | 4        | 0,9        | 0         | 0         | 0          | 0            | 0,00 €                 |
|               |          |            |           |           |            |              | <b>206.614,55 € /a</b> |

**Stromkosten**

|  | Endenergie | €/kWh     | Grundpreis | Gesamtkosten        |
|--|------------|-----------|------------|---------------------|
|  | 1.472.255  | 0,0924942 | 1.000      | <b>137.175,05 €</b> |

**Energie gesamt**

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| Heizung             | 206.614,55 € |
| Strom               | 137.175,05 € |
| <b>343.789,60 €</b> |              |

**Wasserkosten**

|              | Menge | €/ME | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--------------|-------|------|------------|--------------------|
| Frischwasser | 4.916 | 2,01 | 1.000,00   | 10.881,16 €        |
| Abwasser     | 4.916 | 2,14 |            | 10.520,24 €        |
| Niederschlag | 7133  | 1,1  |            | 7.846,30 €         |
|              |       |      |            | <b>29.247,70 €</b> |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|        | regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung |       |               | Instandsetzung /Instandhaltung |       |               |
|--------|--|-------|---------------|--------------------------------|-------|---------------|
|        | €  | %/a   | €/a           |                                |       |               |
| KG 410 | 637.200  | 0,70% | 4.460         | 637.200                        | 0,55% | 3504,6        |
| KG 420 | 897.500  | 0,90% | 8.078         | 897.500                        | 0,50% | 4487,5        |
| KG 430 | 1.163.000  | 2,05% | 23.842        | 1.163.000                      | 2,40% | 27912         |
| KG 440 | 1.302.800  | 1,25% | 16.285        | 1.302.800                      | 0,65% | 8468,2        |
| KG 450 | 235.500  | 0,70% | 1.649         | 235.500                        | 0,25% | 588,75        |
| KG 460 | 759.500  | 2,05% | 15.570        | 759.500                        | 1,10% | 8354,5        |
| KG 470 | 673.000  | 1,60% | 10.768        | 673.000                        | 1,40% | 9.422         |
| Summe  |  |       | <b>80.651</b> |                                |       | <b>62.738</b> |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a       |             |
|-------|------------|----------|-------|-----------|-------------|
| KG300 | 18.938.000 | 50       | 0,60% | 113.628 € | 2.698.526 € |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a      |           |
|-------|------------|----------|-------|----------|-----------|
| KG300 | 18.938.000 | 50       | 0,10% | 18.938 € | 449.754 € |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|        | €         | Laufzeit | nach 25 Jahren | nach 50 Jahren | Summe nach 50a     |
|--------|-----------|----------|----------------|----------------|--------------------|
| KG 410 | 637.200   | 50       | 0 €            | 0 €            | 0 €                |
| KG 420 | 897.500   | 25       | 0 €            | 386.124 €      | 386.124 €          |
| KG 430 | 1.163.000 | 25       | 0 €            | 500.348 €      | 500.348 €          |
| KG 440 | 1.302.800 | 25       | 0 €            | 560.493 €      | 560.493 €          |
| KG 450 | 235.500   | 25       | 0 €            | 101.317 €      | 101.317 €          |
| KG 460 | 759.500   | 25       | 0 €            | 326.754 €      | 326.754 €          |
| KG 470 | 673.000   | 25       | 0 €            | 289.540 €      | 289.540 €          |
| Summe  |           |          |                |                | <b>2.164.577 €</b> |

## **Anlage 2:** Berechnung der LCC – Variante 1

*zu Bericht: Kapitel 6.6.4*

Die Anlage enthält 3 Seiten

Allgemein

Gebäudeart

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Bruttogrundfläche (BGF) | 27.829 m <sup>2</sup> |
| Nettogrundfläche (NGF)  | 24.281 m <sup>2</sup> |

|                      |      |
|----------------------|------|
| Herstellungsjahr     | 1985 |
| Zertifizierungsjahr  | 2009 |
| Betrachtungszeitraum | 50 a |

Herstellkosten nach DIN 276

|        |              |
|--------|--------------|
| KG 300 | 19.324.835 € |
| KG 400 | 5.800.136 €  |

|        |             |
|--------|-------------|
| KG 410 | 658.200 €   |
| KG 420 | 984.188 €   |
| KG 430 | 1.163.000 € |
| KG 440 | 1.326.748 € |
| KG 450 | 235.500 €   |
| KG 460 | 759.500 €   |
| KG 470 | 673.000 €   |

Betriebskosten

Heizung

**Energieträger 1**

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 2.764.792 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,04 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 1.046,00 €/a    |

**Energieträger 2**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 3**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 4**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Trink- und Abwasser nach SB 14

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Frischwasserverbrauch | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Schmutzwassermenge    | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Niederschlagswasser   | 7.133,00 m <sup>3</sup> /a |
| jährlicher Grundpreis | 1.000,00 €/a               |

Strom

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Endenergiebedarf Strom      | 505.691 kWh/a |
| jährlicher Grundpreis Strom | 1.000,00 €/a  |

Reinigung

Bodenbelagsart, normal belastet

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, weich | 1.440 m <sup>2</sup> |
| Textilbelag             | 9.071 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     | 2.626 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |

Bodenbelagsart, stark belastet (inkl. Treppen)

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, hart | 3.440 m <sup>2</sup> |
| keramische Fliesen     | 132 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            | 5.125 m <sup>2</sup> |
| Parkett                | 379 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            |                      |

Fensterfläche

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| normal zugänglich | 3.572 m <sup>2</sup> |
| normal zugänglich | 342 m <sup>2</sup>   |
| schwer zugänglich | 3.496 m <sup>2</sup> |

Außenwandbekleidung

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Kunststein / Werkstein | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Kunststein / Werkstein | 536 m <sup>2</sup>   |
| Keramik                | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Glas variabel          | 536 m <sup>2</sup>   |

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Anzahl der Innentüren | 961 Stk.             |
| Fläche Sanitär        | 689 m <sup>2</sup>   |
| Fläche Sonnenschutz   | 2.709 m <sup>2</sup> |

Datum: 2009-08-27  
 Bearbeiter: Herr Schaffer  
 Projektnummer:  
 Dokumentenkennzeichen:  
 20100319-V1-H~

### Berechnung der LCC V2008 Neubau

#### Züblin Hauptverwaltung Variante 1



Ed. Züblin AG

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Herstellkosten der KG 300   | 19.324.835 €               |
| Herstellkosten der KG 400   | 5.800.136 €                |
| <b>Summe</b>  | <b>903 €/m<sup>2</sup></b> |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 300                                 | 99 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 400                                 | 79 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 54 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 70 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Reinigungskosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                            | 121 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Energiekosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                               | 218 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und Entsorgung zum Zeitpunkt der Zertifizierung        | 30 €/m <sup>2</sup>        |
| <b>Summe</b>  | <b>704 €/m<sup>2</sup></b> |

|                  |                       |                        |            |             |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------|-------------|
| <b>Bewertung</b> | <b>Herstellkosten</b> | 903 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 4,0 Punkte  |
|                  | <b>Nutzungskosten</b> | 704 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 6,0 Punkte  |
|                  | Summe                 | 1.607 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 10,0 Punkte |

**Variante 1**

**Bodenreinigung normal**

|              |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|--------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 1 | 5 | 0,051744583       | 6           | 0,310467498           |
| Bodenbelag 2 | 7 | 0,325954939       | 5           | 1,629774695           |
| Bodenbelag 3 | 4 | 0,094361996       | 3,75        | 0,353857487           |
| Bodenbelag 4 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
| Bodenbelag 5 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
|              |   |                   |             | <b>2,29 €/m²BGF*a</b> |

**Bodenreinigung stark**

|               |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|---------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 6  | 4 | 0,123612059       | 4,41        | 0,545129182           |
| Bodenbelag 7  | 1 | 0,004743253       | 7,06        | 0,033487369           |
| Bodenbelag 8  | 6 | 0,184160408       | 4,41        | 0,8121474             |
| Bodenbelag 9  | 5 | 0,013618887       | 7,06        | 0,096149341           |
| Bodenbelag 10 | 6 | 0                 | 4,41        | 0                     |
|               |   |                   |             | <b>1,49 €/m²BGF*a</b> |

**Fensterreinigung**

|           |   | Fensterfläche / BGF | €/ m²(Ff)*a |                       |
|-----------|---|---------------------|-------------|-----------------------|
| Fenster 1 | 2 | 0,128355313         | 1,5         | 0,192532969           |
| Fenster 2 | 2 | 0,012289338         | 1,5         | 0,018434008           |
| Fenster 3 | 3 | 0,125624349         | 2,31        | 0,290192245           |
|           |   |                     |             | <b>0,50 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Sanitär**

|  |  | Sanitärfläche / BGF | €/ m²(Sf)*a |                       |
|--|--|---------------------|-------------|-----------------------|
|  |  | 0,024758346         | 19          | <b>0,47 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Türen**

|  |  | 961 | 0,24 | <b>0,01 €/m²BGF*a</b> |
|--|--|-----|------|-----------------------|

**Reinigung Außenwandbekleidung**

|             |   | Außenwandfläche / BGF | €/ m²(AW)*a |             |
|-------------|---|-----------------------|-------------|-------------|
| Außenwand 1 | 7 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 2 | 7 | 0,019260484           | 0,63        | 0,012134105 |
| Außenwand 3 | 6 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 4 | 4 | 0,019260484           | 0,19        | 0,003659492 |
|             |   |                       |             | <b>0,19</b> |

**Reinigung Sonnenschutz**

|  |  | Sonnenschutzfläche /BGF | €/ m²(SSf)*a |                       |
|--|--|-------------------------|--------------|-----------------------|
|  |  | 0,097344497             | 1,25         | <b>0,12 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung gesamt**

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Bodenreinigung normal | 2,29 €/m²BGF*a |
| Bodenreinigung stark  | 1,49 €/m²BGF*a |
| Fensterreinigung      | 0,50 €/m²BGF*a |
| Reinigung Sanitär     | 0,47 €/m²BGF*a |
| Türen                 | 0,01 €/m²BGF*a |
| Außenwandbekleidung   | 0,19 €/m²BGF*a |
| Sonnenschutz          | 0,12 €/m²BGF*a |
| <b>5,08 €/m²BGF*a</b> |                |

**Heizkosten**

|               |   | Heizwert | Endenergie | ME/a      | €/ME   | Grundpreis | Gesamtkosten           |
|---------------|---|----------|------------|-----------|--------|------------|------------------------|
| Heizenergie 1 | 4 | 0,9      | 2.764.792  | 3.071.991 | 0,0398 | 1.046      | 123.311,25 €           |
| Heizenergie 2 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
| Heizenergie 3 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
| Heizenergie 4 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
|               |   |          |            |           |        |            | <b>123.311,25 € /a</b> |

**Stromkosten**

|  |  | Endenergie | €/kWh     | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--|--|------------|-----------|------------|--------------------|
|  |  | 505.691    | 0,0924942 | 1.000      | <b>47.773,48 €</b> |

**Energie gesamt**

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| Heizung             | 123.311,25 € |
| Strom               | 47.773,48 €  |
| <b>171.084,73 €</b> |              |

**Wasserkosten**

|              |  | Menge | €/ME | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--------------|--|-------|------|------------|--------------------|
| Frischwasser |  | 4.916 | 2,01 | 1.000,00   | 10.881,16 €        |
| Abwasser     |  | 4.916 | 2,14 |            | 10.520,24 €        |
| Niederschlag |  | 7133  | 1,1  |            | 7.846,30 €         |
|              |  |       |      |            | <b>29.247,70 €</b> |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|        | regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung |       |               | Instandsetzung /Instandhaltung |       |               |
|--------|--|-------|---------------|--------------------------------|-------|---------------|
|        | €  | %/a   | €/a           |                                |       |               |
| KG 410 | 658.200  | 0,70% | 4.607         | 658.200                        | 0,55% | 3620,1        |
| KG 420 | 984.188  | 0,90% | 8.858         | 984.188                        | 0,50% | 4920,94       |
| KG 430 | 1.163.000  | 2,05% | 23.842        | 1.163.000                      | 2,40% | 27912         |
| KG 440 | 1.326.748  | 1,25% | 16.584        | 1.326.748                      | 0,65% | 8623,862      |
| KG 450 | 235.500  | 0,70% | 1.649         | 235.500                        | 0,25% | 588,75        |
| KG 460 | 759.500  | 2,05% | 15.570        | 759.500                        | 1,10% | 8354,5        |
| KG 470 | 673.000  | 1,60% | 10.768        | 673.000                        | 1,40% | 9.422         |
| Summe  |  |       | <b>81.877</b> |                                |       | <b>63.442</b> |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a       |             |
|-------|------------|----------|-------|-----------|-------------|
| KG300 | 19.324.835 | 50       | 0,60% | 115.949 € | 2.753.647 € |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a      |           |
|-------|------------|----------|-------|----------|-----------|
| KG300 | 19.324.835 | 50       | 0,10% | 19.325 € | 458.941 € |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|        | €         | Laufzeit | nach 25 Jahren | nach 50 Jahren | Summe nach 50a     |
|--------|-----------|----------|----------------|----------------|--------------------|
| KG 410 | 658.200   | 50       | 0 €            | 0 €            | 0 €                |
| KG 420 | 984.188   | 25       | 0 €            | 423.420 €      | 423.420 €          |
| KG 430 | 1.163.000 | 25       | 0 €            | 500.348 €      | 500.348 €          |
| KG 440 | 1.326.748 | 25       | 0 €            | 570.796 €      | 570.796 €          |
| KG 450 | 235.500   | 25       | 0 €            | 101.317 €      | 101.317 €          |
| KG 460 | 759.500   | 25       | 0 €            | 326.754 €      | 326.754 €          |
| KG 470 | 673.000   | 25       | 0 €            | 289.540 €      | 289.540 €          |
| Summe  |           |          |                |                | <b>2.212.175 €</b> |

## **Anlage 3:** Berechnung der LCC – Variante 1a

*zu Bericht: Kapitel 6.6.4*

Die Anlage enthält 3 Seiten

Allgemein

Gebäudeart

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Bruttogrundfläche (BGF) | 27.829 m <sup>2</sup> |
| Nettogrundfläche (NGF)  | 24.281 m <sup>2</sup> |

|                      |      |
|----------------------|------|
| Herstellungsjahr     | 1985 |
| Zertifizierungsjahr  | 2009 |
| Betrachtungszeitraum | 50 a |

Herstellkosten nach DIN 276

|        |              |
|--------|--------------|
| KG 300 | 19.217.905 € |
| KG 400 | 5.800.136 €  |

|        |             |
|--------|-------------|
| KG 410 | 658.200 €   |
| KG 420 | 984.188 €   |
| KG 430 | 1.163.000 € |
| KG 440 | 1.326.748 € |
| KG 450 | 235.500 €   |
| KG 460 | 759.500 €   |
| KG 470 | 673.000 €   |

Betriebskosten

Heizung

**Energieträger 1**

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 2.943.884 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,04 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 1.046,00 €/a    |

**Energieträger 2**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 3**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 4**

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Trink- und Abwasser nach SB 14

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Frischwasserverbrauch | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Schmutzwassermenge    | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Niederschlagswasser   | 7.133,00 m <sup>3</sup> /a |
| jährlicher Grundpreis | 1.000,00 €/a               |

Strom

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| Endenergiebedarf Strom      | 505.691 kWh/a |
| jährlicher Grundpreis Strom | 1.000,00 €/a  |

Reinigung

Bodenbelagsart, normal belastet

|                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, weich | 1.440 m <sup>2</sup> |
| Textilbelag             | 9.071 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     | 2.626 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |
| Linoleum bis 2,5 mm     |                      |

Bodenbelagsart, stark belastet (inkl. Treppen)

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, hart | 3.440 m <sup>2</sup> |
| keramische Fliesen     | 132 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            | 5.125 m <sup>2</sup> |
| Parkett                | 379 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag            |                      |

Fensterfläche

|                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| normal zugänglich | 3.572 m <sup>2</sup> |
| normal zugänglich | 342 m <sup>2</sup>   |
| schwer zugänglich | 3.496 m <sup>2</sup> |

Außenwandbekleidung

|                        |                      |
|------------------------|----------------------|
| Kunststein / Werkstein | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Kunststein / Werkstein | 536 m <sup>2</sup>   |
| Keramik                | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Glas variabel          | 536 m <sup>2</sup>   |

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Anzahl der Innentüren | 961 Stk.             |
| Fläche Sanitär        | 689 m <sup>2</sup>   |
| Fläche Sonnenschutz   | 2.709 m <sup>2</sup> |

Datum: 2009-08-27  
 Bearbeiter: Herr Schaffer  
 Projektnummer:  
 Dokumentenkennzeichen:  
 20100319-V1a-~

### Berechnung der LCC V2008 Neubau

### Züblin Hauptverwaltung Variante 1a

**ZÜBLIN**

Ed. Züblin AG

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Herstellkosten der KG 300   | 19.217.905 €               |
| Herstellkosten der KG 400   | 5.800.136 €                |
| <b>Summe</b>  | <b>899 €/m<sup>2</sup></b> |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 300                                 | 98 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 400                                 | 79 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 54 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 16 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 70 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Reinigungskosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                            | 121 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Energiekosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                               | 228 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und Entsorgung zum Zeitpunkt der Zertifizierung        | 30 €/m <sup>2</sup>        |
| <b>Summe</b>  | <b>714 €/m<sup>2</sup></b> |

|                  |                       |                        |            |             |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------|-------------|
| <b>Bewertung</b> | <b>Herstellkosten</b> | 899 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 4,0 Punkte  |
|                  | <b>Nutzungskosten</b> | 714 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 6,0 Punkte  |
|                  | Summe                 | 1.613 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 10,0 Punkte |



**Variante 1a**

**Bodenreinigung normal**

|              |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|--------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 1 | 5 | 0,051744583       | 6           | 0,310467498           |
| Bodenbelag 2 | 7 | 0,325954939       | 5           | 1,629774695           |
| Bodenbelag 3 | 4 | 0,094361996       | 3,75        | 0,353857487           |
| Bodenbelag 4 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
| Bodenbelag 5 | 4 | 0                 | 3,75        | 0                     |
|              |   |                   |             | <b>2,29 €/m²BGF*a</b> |

**Bodenreinigung stark**

|               |   | Bodenfläche / BGF | €/ m²(Bf)*a |                       |
|---------------|---|-------------------|-------------|-----------------------|
| Bodenbelag 6  | 4 | 0,123612059       | 4,41        | 0,545129182           |
| Bodenbelag 7  | 1 | 0,004743253       | 7,06        | 0,033487369           |
| Bodenbelag 8  | 6 | 0,184160408       | 4,41        | 0,8121474             |
| Bodenbelag 9  | 5 | 0,013618887       | 7,06        | 0,096149341           |
| Bodenbelag 10 | 6 | 0                 | 4,41        | 0                     |
|               |   |                   |             | <b>1,49 €/m²BGF*a</b> |

**Fensterreinigung**

|           |   | Fensterfläche / BGF | €/ m²(Ff)*a |                       |
|-----------|---|---------------------|-------------|-----------------------|
| Fenster 1 | 2 | 0,128355313         | 1,5         | 0,192532969           |
| Fenster 2 | 2 | 0,012289338         | 1,5         | 0,018434008           |
| Fenster 3 | 3 | 0,125624349         | 2,31        | 0,290192245           |
|           |   |                     |             | <b>0,50 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Sanitär**

|  |  | Sanitärfläche / BGF | €/ m²(Sf)*a |                       |
|--|--|---------------------|-------------|-----------------------|
|  |  | 0,024758346         | 19          | <b>0,47 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Türen**

|  |  | 961 | 0,24 | <b>0,01 €/m²BGF*a</b> |
|--|--|-----|------|-----------------------|

**Reinigung Außenwandbekleidung**

|             |   | Außenwandfläche / BGF | €/ m²(AW)*a |             |
|-------------|---|-----------------------|-------------|-------------|
| Außenwand 1 | 7 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 2 | 7 | 0,019260484           | 0,63        | 0,012134105 |
| Außenwand 3 | 6 | 0,141183657           | 0,63        | 0,088945704 |
| Außenwand 4 | 4 | 0,019260484           | 0,19        | 0,003659492 |
|             |   |                       |             | <b>0,19</b> |

**Reinigung Sonnenschutz**

|  |  | Sonnenschutzfläche /BGF | €/ m²(SSf)*a |                       |
|--|--|-------------------------|--------------|-----------------------|
|  |  | 0,097344497             | 1,25         | <b>0,12 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung gesamt**

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| Bodenreinigung normal | 2,29 €/m²BGF*a |
| Bodenreinigung stark  | 1,49 €/m²BGF*a |
| Fensterreinigung      | 0,50 €/m²BGF*a |
| Reinigung Sanitär     | 0,47 €/m²BGF*a |
| Türen                 | 0,01 €/m²BGF*a |
| Außenwandbekleidung   | 0,19 €/m²BGF*a |
| Sonnenschutz          | 0,12 €/m²BGF*a |
| <b>5,08 €/m²BGF*a</b> |                |

**Heizkosten**

|               |   | Heizwert | Endenergie | ME/a      | €/ME   | Grundpreis | Gesamtkosten           |
|---------------|---|----------|------------|-----------|--------|------------|------------------------|
| Heizenergie 1 | 4 | 0,9      | 2.943.884  | 3.270.982 | 0,0398 | 1.046      | 131.231,09 €           |
| Heizenergie 2 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
| Heizenergie 3 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
| Heizenergie 4 | 4 | 0,9      | 0          | 0         | 0      | 0          | 0,00 €                 |
|               |   |          |            |           |        |            | <b>131.231,09 € /a</b> |

**Stromkosten**

|  |  | Endenergie | €/kWh     | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--|--|------------|-----------|------------|--------------------|
|  |  | 505.691    | 0,0924942 | 1.000      | <b>47.773,48 €</b> |

**Energie gesamt**

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| Heizung             | 131.231,09 € |
| Strom               | 47.773,48 €  |
| <b>179.004,58 €</b> |              |

**Wasserkosten**

|              |  | Menge | €/ME | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--------------|--|-------|------|------------|--------------------|
| Frischwasser |  | 4.916 | 2,01 | 1.000,00   | 10.881,16 €        |
| Abwasser     |  | 4.916 | 2,14 |            | 10.520,24 €        |
| Niederschlag |  | 7133  | 1,1  |            | 7.846,30 €         |
|              |  |       |      |            | <b>29.247,70 €</b> |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|        | €         | %/a   | €/a           | Instandsetzung /Instandhaltung |       |               |
|--------|-----------|-------|---------------|--------------------------------|-------|---------------|
| KG 410 | 658.200   | 0,70% | 4.607         | 658.200                        | 0,55% | 3620,1        |
| KG 420 | 984.188   | 0,90% | 8.858         | 984.188                        | 0,50% | 4920,94       |
| KG 430 | 1.163.000 | 2,05% | 23.842        | 1.163.000                      | 2,40% | 27912         |
| KG 440 | 1.326.748 | 1,25% | 16.584        | 1.326.748                      | 0,65% | 8623,862      |
| KG 450 | 235.500   | 0,70% | 1.649         | 235.500                        | 0,25% | 588,75        |
| KG 460 | 759.500   | 2,05% | 15.570        | 759.500                        | 1,10% | 8354,5        |
| KG 470 | 673.000   | 1,60% | 10.768        | 673.000                        | 1,40% | 9.422         |
| Summe  |           |       | <b>81.877</b> |                                |       | <b>63.442</b> |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a       |             |
|-------|------------|----------|-------|-----------|-------------|
| KG300 | 19.217.905 | 50       | 0,60% | 115.307 € | 2.738.410 € |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a      |           |
|-------|------------|----------|-------|----------|-----------|
| KG300 | 19.217.905 | 50       | 0,10% | 19.218 € | 456.402 € |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|        | €         | Laufzeit | nach 25 Jahren | nach 50 Jahren | Summe nach 50a     |
|--------|-----------|----------|----------------|----------------|--------------------|
| KG 410 | 658.200   | 50       | 0 €            | 0 €            | 0 €                |
| KG 420 | 984.188   | 25       | 0 €            | 423.420 €      | 423.420 €          |
| KG 430 | 1.163.000 | 25       | 0 €            | 500.348 €      | 500.348 €          |
| KG 440 | 1.326.748 | 25       | 0 €            | 570.796 €      | 570.796 €          |
| KG 450 | 235.500   | 25       | 0 €            | 101.317 €      | 101.317 €          |
| KG 460 | 759.500   | 25       | 0 €            | 326.754 €      | 326.754 €          |
| KG 470 | 673.000   | 25       | 0 €            | 289.540 €      | 289.540 €          |
| Summe  |           |          |                |                | <b>2.212.175 €</b> |

## **Anlage 4:** Berechnung der LCC – Variante 2

*zu Bericht: Kapitel 6.6.4*

Die Anlage enthält 3 Seiten

Allgemein

Gebäudeart Gebäude, mittlerer Standard ▼

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Bruttogrundfläche (BGF) | 27.829 m <sup>2</sup> |
| Nettogrundfläche (NGF)  | 24.281 m <sup>2</sup> |

|                      |      |
|----------------------|------|
| Herstellungsjahr     | 1985 |
| Zertifizierungsjahr  | 2009 |
| Betrachtungszeitraum | 50 a |

Herstellkosten nach DIN 276

|        |              |
|--------|--------------|
| KG 300 | 21.046.039 € |
| KG 400 | 6.657.136 €  |

|        |             |
|--------|-------------|
| KG 410 | 658.200 €   |
| KG 420 | 1.191.188 € |
| KG 430 | 1.613.000 € |
| KG 440 | 1.526.748 € |
| KG 450 | 235.500 €   |
| KG 460 | 759.500 €   |
| KG 470 | 673.000 €   |

Betriebskosten

Heizung

**BHKW** Erdgas H in kWh ▼

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 1.644.443 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,04 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 1.046,00 €/a    |

**Brennwertkessel** Erdgas H in kWh ▼

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 1.063.350 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,04 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 0,00 €/a        |

**Energieträger 3** Erdgas H in kWh ▼

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

**Energieträger 4** Erdgas H in kWh ▼

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Trink- und Abwasser nach SB 14

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Frischwasserverbrauch | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Schmutzwassermenge    | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Niederschlagswasser   | 7.133,00 m <sup>3</sup> /a |
| jährlicher Grundpreis | 1.000,00 €/a               |

Strom

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Endenergiebedarf Strom      | 1.522.650 kWh/a |
| jährlicher Grundpreis Strom | 1.000,00 €/a    |

Stromvergütung aus BHKW pro Jahr

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Vergütung bis 50kWel | 10.048 €/a |
| Vergütung ab 50kWel  | 16.599 €/a |
| Steuerersparnis      | 17.718 €/a |

Reinigung

Bodenbelagsart, normal belastet

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, weich ▼ | 1.440 m <sup>2</sup> |
| Textilbelag ▼             | 9.071 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     | 2.626 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     |                      |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     |                      |

Bodenbelagsart, stark belastet (inkl. Treppen)

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, hart ▼ | 3.440 m <sup>2</sup> |
| keramische Fliesen ▼     | 132 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag ▼            | 5.125 m <sup>2</sup> |
| Parkett ▼                | 379 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag ▼            |                      |

Fensterfläche

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| normal zugänglich ▼ | 3.572 m <sup>2</sup> |
| normal zugänglich ▼ | 342 m <sup>2</sup>   |
| schwer zugänglich ▼ | 3.496 m <sup>2</sup> |

Außenwandbekleidung

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Kunststein / Werkstein ▼ | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Kunststein / Werkstein ▼ | 536 m <sup>2</sup>   |
| Keramik ▼                | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Glas variabel ▼          | 536 m <sup>2</sup>   |

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Anzahl der Innentüren | 961 Stk.             |
| Fläche Sanitär        | 689 m <sup>2</sup>   |
| Fläche Sonnenschutz   | 2.709 m <sup>2</sup> |

Datum: 2009-08-27  
 Bearbeiter: Herr Schaffer  
 Projektnummer:  
 Dokumentenkennzeichen:  
 20100319-V2-H~

### Berechnung der LCC V2008 Neubau

### Züblin Hauptverwaltung Variante 2 (LCC - optimiert)



Ed. Züblin AG

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Herstellkosten der KG 300   | 21.046.039 €               |
| Herstellkosten der KG 400   | 6.657.136 €                |
| <b>Summe</b>  | <b>995 €/m<sup>2</sup></b> |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 300                                 | 108 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 400                                 | 93 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 18 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 65 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 18 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 81 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Reinigungskosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                            | 121 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Energiekosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                               | 204 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und Entsorgung zum Zeitpunkt der Zertifizierung        | 30 €/m <sup>2</sup>        |
| <b>Summe</b>  | <b>738 €/m<sup>2</sup></b> |

|                  |                       |                        |            |             |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------|-------------|
| <b>Bewertung</b> | <b>Herstellkosten</b> | 995 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 4,0 Punkte  |
|                  | <b>Nutzungskosten</b> | 738 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 6,0 Punkte  |
|                  | Summe                 | 1.733 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 10,0 Punkte |

**Variante 2**

| <b>Bodenreinigung normal</b>         |   |                          |                            |
|--------------------------------------|---|--------------------------|----------------------------|
|                                      |   | Bodenfläche / BGF        | €/m²(Bf)*a                 |
| Bodenbelag 1                         | 5 | 0,051744583              | 6 0,310467498              |
| Bodenbelag 2                         | 7 | 0,325954939              | 5 1,629774695              |
| Bodenbelag 3                         | 4 | 0,094361996              | 3,75 0,353857487           |
| Bodenbelag 4                         | 4 | 0                        | 3,75 0                     |
| Bodenbelag 5                         | 4 | 0                        | 3,75 0                     |
|                                      |   |                          | <b>2,29 €/m²BGF*a</b>      |
| <b>Bodenreinigung stark</b>          |   |                          |                            |
|                                      |   | Bodenfläche / BGF        | €/m²(Bf)*a                 |
| Bodenbelag 6                         | 4 | 0,123612059              | 4,41 0,545129182           |
| Bodenbelag 7                         | 1 | 0,004743253              | 7,06 0,033487369           |
| Bodenbelag 8                         | 6 | 0,184160408              | 4,41 0,8121474             |
| Bodenbelag 9                         | 5 | 0,013618887              | 7,06 0,096149341           |
| Bodenbelag 10                        | 6 | 0                        | 4,41 0                     |
|                                      |   |                          | <b>1,49 €/m²BGF*a</b>      |
| <b>Fensterreinigung</b>              |   |                          |                            |
|                                      |   | Fensterfläche / BGF      | €/m²(Ff)*a                 |
| Fenster 1                            | 2 | 0,128355313              | 1,5 0,192532969            |
| Fenster 2                            | 2 | 0,012289338              | 1,5 0,018434008            |
| Fenster 3                            | 3 | 0,125624349              | 2,31 0,290192245           |
|                                      |   |                          | <b>0,50 €/m²BGF*a</b>      |
| <b>Reinigung Sanitär</b>             |   |                          |                            |
|                                      |   | Sanitärfläche / BGF      | €/m²(Sf)*a                 |
|                                      |   | 0,024758346              | 19 <b>0,47 €/m²BGF*a</b>   |
| <b>Reinigung Türen</b>               |   |                          |                            |
|                                      |   |                          | €/m²BGF*a                  |
|                                      |   | 961                      | 0,24 <b>0,01 €/m²BGF*a</b> |
| <b>Reinigung Außenwandbekleidung</b> |   |                          |                            |
|                                      |   | Außenwandfläche / BGF    | €/m²(AW)*a                 |
| Außenwand 1                          | 7 | 0,141183657              | 0,63 0,088945704           |
| Außenwand 2                          | 7 | 0,019260484              | 0,63 0,012134105           |
| Außenwand 3                          | 6 | 0,141183657              | 0,63 0,088945704           |
| Außenwand 4                          | 4 | 0,019260484              | 0,19 0,003659492           |
|                                      |   |                          | <b>0,19</b>                |
| <b>Reinigung Sonnenschutz</b>        |   |                          |                            |
|                                      |   | Sonnenschutzfläche / BGF | €/m²(SS)*a                 |
|                                      |   | 0,097344497              | 1,25 <b>0,12 €/m²BGF*a</b> |
| <b>Reinigung gesamt</b>              |   |                          |                            |
|                                      |   | Bodenreinigung normal    | 2,29 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Bodenreinigung stark     | 1,49 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Fensterreinigung         | 0,50 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Reinigung Sanitär        | 0,47 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Türen                    | 0,01 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Außenwandbekleidung      | 0,19 €/m²BGF*a             |
|                                      |   | Sonnenschutz             | 0,12 €/m²BGF*a             |
|                                      |   |                          | <b>5,08 €/m²BGF*a</b>      |

**jährliche Stromkosten inklusive Vergütung für BHKW-Strom als Barwert**

|                                      |           |  |                  |
|--------------------------------------|-----------|--|------------------|
| Endenergie Strom                     | €/kWh     |  |                  |
| 1.522.650                            | 0,0924942 |  | <b>140.836 €</b> |
| Endenergie erzeugter BHKW-Strom      |           |  |                  |
| 987.061                              | 0,0924942 |  | <b>91.297 €</b>  |
| Zuschlag nach KWKG-Gesetz bis 50kWel |           |  | <b>10.048 €</b>  |
| Zuschlag nach KWKG-Gesetz ab 50kWel  |           |  | <b>16.599 €</b>  |
| Steuerbefreiung                      |           |  | <b>17.718 €</b>  |
|                                      |           |  | <b>5.174 €</b>   |

**Barwert bis 6 Jahre für Heiz- und Stromkosten**

|                      | Barwert             |
|----------------------|---------------------|
| Heizkosten pro Jahr  | 120.790,62 €        |
| Stromkosten pro Jahr | 5.174 €             |
| Summe                | <b>125.965,03 €</b> |

**Barwert ab 6 Jahre für Heiz- und Stromkosten**

|                      | Barwert               |
|----------------------|-----------------------|
| Heizkosten pro Jahr  | 120.790,62 €          |
| Stromkosten pro Jahr | 31.821 €              |
| Summe pro Jahr       | <b>152.611,75 €</b>   |
| Barwert 50 Jahre     | 4.946.148,48 €        |
| Summe                | <b>5.665.206,93 €</b> |

| <b>Heizkosten</b>     |            |            |            |               |            |                        |
|-----------------------|------------|------------|------------|---------------|------------|------------------------|
|                       | Heizwert   | Endenergie | ME/a       | €/ME          | Grundpreis | Gesamtkosten           |
| Heizenergie 1         | 4          | 0,9        | 1.644.443  | 1.827.159     | 0,0398     | 1.046 73.766,92 €      |
| Heizenergie 2         | 4          | 0,9        | 1.063.350  | 1.181.500     | 0,0398     | 0 47.023,70 €          |
| Heizenergie 3         | 4          | 0,9        | 0          | 0             | 0          | 0 0,00 €               |
| Heizenergie 4         | 4          | 0,9        | 0          | 0             | 0          | 0 0,00 €               |
|                       |            |            |            |               |            | <b>120.790,62 € /a</b> |
| <b>Stromkosten</b>    |            |            |            |               |            |                        |
|                       | Endenergie | €/kWh      | Grundpreis | Gesamtkosten  |            |                        |
|                       | 0          | 0,0924942  | 0          | <b>0,00 €</b> |            |                        |
| <b>Energie gesamt</b> |            |            |            |               |            |                        |
|                       |            |            |            |               | Heizung    | 120.790,62 €           |
|                       |            |            |            |               | Strom      | 0,00 €                 |
|                       |            |            |            |               |            | <b>120.790,62 €</b>    |

| <b>Wasserkosten</b> |       |      |            |                    |
|---------------------|-------|------|------------|--------------------|
|                     | Menge | €/ME | Grundpreis | Gesamtkosten       |
| Frischwasser        | 4.916 | 2,01 | 1.000,00   | 10.881,16 €        |
| Abwasser            | 4.916 | 2,14 |            | 10.520,24 €        |
| Niederschlag        | 7133  | 1,1  |            | 7.846,30 €         |
|                     |       |      |            | <b>29.247,70 €</b> |

| <b>regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung</b> |           |       |               | <b>Instandsetzung /Instandhaltung</b> |       |               |
|---|-----------|-------|---------------|---------------------------------------|-------|---------------|
|   | €         | %/a   | €/a           |                                       |       |               |
| KG 410  | 658.200   | 0,70% | 4.607         | 658.200                               | 0,55% | 3620,1        |
| KG 420  | 1.191.188 | 0,90% | 10.721        | 1.191.188                             | 0,50% | 5955,94       |
| KG 430  | 1.613.000 | 2,05% | 33.067        | 1.613.000                             | 2,40% | 38712         |
| KG 440  | 1.526.748 | 1,25% | 19.084        | 1.526.748                             | 0,65% | 9923,862      |
| KG 450  | 235.500   | 0,70% | 1.649         | 235.500                               | 0,25% | 588,75        |
| KG 460  | 759.500   | 2,05% | 15.570        | 759.500                               | 1,10% | 8354,5        |
| KG 470  | 673.000   | 1,60% | 10.768        | 673.000                               | 1,40% | 9.422         |
| Summe   |           |       | <b>95.465</b> |                                       |       | <b>76.577</b> |

| <b>unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen</b> |            |          |       |           |             |
|--|------------|----------|-------|-----------|-------------|
|  | €          | Laufzeit | %/a   | €/a       |             |
| KG300  | 21.046.039 | 50       | 0,60% | 126.276 € | 2.998.906 € |

| <b>regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung</b> |            |          |       |          |           |
|---|------------|----------|-------|----------|-----------|
|   | €          | Laufzeit | %/a   | €/a      |           |
| KG300   | 21.046.039 | 50       | 0,10% | 21.046 € | 499.818 € |

| <b>unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen</b> |           |          |                |                |                    |
|--|-----------|----------|----------------|----------------|--------------------|
|  | €         | Laufzeit | nach 25 Jahren | nach 50 Jahren | Summe nach 50a     |
| KG 410   | 658.200   | 50       | 0 €            | 0 €            | 0 €                |
| KG 420   | 1.191.188 | 25       | 0 €            | 512.476 €      | 512.476 €          |
| KG 430   | 1.613.000 | 25       | 0 €            | 693.948 €      | 693.948 €          |
| KG 440   | 1.526.748 | 25       | 0 €            | 656.841 €      | 656.841 €          |
| KG 450   | 235.500   | 25       | 0 €            | 101.317 €      | 101.317 €          |
| KG 460   | 759.500   | 25       | 0 €            | 326.754 €      | 326.754 €          |
| KG 470   | 673.000   | 25       | 0 €            | 289.540 €      | 289.540 €          |
| Summe  |           |          |                |                | <b>2.580.875 €</b> |

## **Anlage 5:** Berechnung der LCC – Variante 3

*zu Bericht: Kapitel 6.6.4*

Die Anlage enthält 3 Seiten

Allgemein

Gebäudeart Gebäude, mittlerer Standard ▼

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Bruttogrundfläche (BGF) | 27.829 m <sup>2</sup> |
| Nettogrundfläche (NGF)  | 24.281 m <sup>2</sup> |

|                      |      |
|----------------------|------|
| Herstellungsjahr     | 1985 |
| Zertifizierungsjahr  | 2009 |
| Betrachtungszeitraum | 50 a |

Herstellkosten nach DIN 276

|        |              |
|--------|--------------|
| KG 300 | 20.469.919 € |
| KG 400 | 6.849.136 €  |

|        |             |
|--------|-------------|
| KG 410 | 658.200 €   |
| KG 420 | 1.183.188 € |
| KG 430 | 1.813.000 € |
| KG 440 | 1.526.748 € |
| KG 450 | 235.500 €   |
| KG 460 | 759.500 €   |
| KG 470 | 673.000 €   |

Betriebskosten

Heizung

BHKW Holzpellets ▼

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Endenergiejahresbedarf | 1.204.046 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,21 €/ME       |
| jährlicher Grundpreis  | 420,00 €/a      |

Brennwertkessel Holzpellets ▼

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| Endenergiejahresbedarf | 778.575 kWh/a |
| Kosten in €/ME         | 0,21 €/ME     |
| jährlicher Grundpreis  | 0,00 €/a      |

Energieträger 3 Erdgas H in kWh ▼

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Energieträger 4 Erdgas H in kWh ▼

|                        |  |
|------------------------|--|
| Endenergiejahresbedarf |  |
| Kosten in €/ME         |  |
| jährlicher Grundpreis  |  |

Trink- und Abwasser nach SB 14

|                       |                            |
|-----------------------|----------------------------|
| Frischwasserverbrauch | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Schmutzwassermenge    | 4.916,00 m <sup>3</sup> /a |
| Niederschlagswasser   | 7.133,00 m <sup>3</sup> /a |
| jährlicher Grundpreis | 1.000,00 €/a               |

Strom

|                             |                 |
|-----------------------------|-----------------|
| Endenergiebedarf Strom      | 1.522.650 kWh/a |
| jährlicher Grundpreis Strom | 1.000,00 €/a    |

Stromvergütung aus BHKW pro Jahr

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Vergütung bis 50kWel | 7.383 €/a  |
| Vergütung ab 50kWel  | 12.198 €/a |
| Steuerersparnis      | 13.019 €/a |

Reinigung

Bodenbelagsart, normal belastet

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, weich ▼ | 1.440 m <sup>2</sup> |
| Textilbelag ▼             | 9.071 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     | 2.626 m <sup>2</sup> |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     |                      |
| Linoleum bis 2,5 mm ▼     |                      |

Bodenbelagsart, stark belastet (inkl. Treppen)

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Natur-/Werkstein, hart ▼ | 3.440 m <sup>2</sup> |
| keramische Fliesen ▼     | 132 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag ▼            | 5.125 m <sup>2</sup> |
| Parkett ▼                | 379 m <sup>2</sup>   |
| Textilbelag ▼            |                      |

Fensterfläche

|                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| normal zugänglich ▼ | 3.572 m <sup>2</sup> |
| normal zugänglich ▼ | 342 m <sup>2</sup>   |
| schwer zugänglich ▼ | 3.496 m <sup>2</sup> |

Außenwandbekleidung

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Kunststein / Werkstein ▼ | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Kunststein / Werkstein ▼ | 536 m <sup>2</sup>   |
| Keramik ▼                | 3.929 m <sup>2</sup> |
| Glas variabel ▼          | 536 m <sup>2</sup>   |

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Anzahl der Innentüren | 961 Stk.             |
| Fläche Sanitär        | 689 m <sup>2</sup>   |
| Fläche Sonnenschutz   | 2.709 m <sup>2</sup> |

Datum: 2009-08-27  
 Bearbeiter: Herr Schaffer  
 Projektnummer:  
 Dokumentenkennzeichen:  
 20100319-V3-H~

### Berechnung der LCC V2008 Neubau

### Züblin Hauptverwaltung Variante 3 (ökologisch optimiert)



Ed. Züblin AG

|   |                            |
|---|----------------------------|
| Herstellkosten der KG 300   | 20.469.919 €               |
| Herstellkosten der KG 400   | 6.849.136 €                |
| <b>Summe</b>  | <b>982 €/m<sup>2</sup></b> |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 300                                 | 105 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der unregelmäßigen Zahlungen aus Ersatzinvestition für KG 400                                 | 96 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 17 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Instandhaltungskosten der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung             | 69 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG300 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 17 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Inspektion und Wartung der KG400 zum Zeitpunkt der Zertifizierung | 85 €/m <sup>2</sup>        |
| Barwert der regelmäßigen Reinigungskosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                            | 121 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Energiekosten zum Zeitpunkt der Zertifizierung                               | 192 €/m <sup>2</sup>       |
| Barwert der regelmäßigen Kosten für Wasserver- und Entsorgung zum Zeitpunkt der Zertifizierung        | 30 €/m <sup>2</sup>        |
| <b>Summe</b>  | <b>733 €/m<sup>2</sup></b> |

|                  |                       |                        |            |             |
|------------------|-----------------------|------------------------|------------|-------------|
| <b>Bewertung</b> | <b>Herstellkosten</b> | 982 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 4,0 Punkte  |
|                  | <b>Nutzungskosten</b> | 733 €/m <sup>2</sup>   | entspricht | 6,0 Punkte  |
|                  | Summe                 | 1.715 €/m <sup>2</sup> | entspricht | 10,0 Punkte |



**Variante 3**

**Bodenreinigung normal**

|              |   | Bodenfläche / BGF | €/m²(Bf)*a |                       |
|--------------|---|-------------------|------------|-----------------------|
| Bodenbelag 1 | 5 | 0,051744583       | 6          | 0,310467498           |
| Bodenbelag 2 | 7 | 0,325954939       | 5          | 1,629774695           |
| Bodenbelag 3 | 4 | 0,094361996       | 3,75       | 0,353857487           |
| Bodenbelag 4 | 4 | 0                 | 3,75       | 0                     |
| Bodenbelag 5 | 4 | 0                 | 3,75       | 0                     |
|              |   |                   |            | <b>2,29 €/m²BGF*a</b> |

**Bodenreinigung stark**

|               |   | Bodenfläche / BGF | €/m²(Bf)*a |                       |
|---------------|---|-------------------|------------|-----------------------|
| Bodenbelag 6  | 4 | 0,123612059       | 4,41       | 0,545129182           |
| Bodenbelag 7  | 1 | 0,004743253       | 7,06       | 0,033487369           |
| Bodenbelag 8  | 6 | 0,184160408       | 4,41       | 0,8121474             |
| Bodenbelag 9  | 5 | 0,013618887       | 7,06       | 0,096149341           |
| Bodenbelag 10 | 6 | 0                 | 4,41       | 0                     |
|               |   |                   |            | <b>1,49 €/m²BGF*a</b> |

**Fensterreinigung**

|           |   | Fensterfläche / BGF | €/m²(Ff)*a |                       |
|-----------|---|---------------------|------------|-----------------------|
| Fenster 1 | 2 | 0,128355313         | 1,5        | 0,192532969           |
| Fenster 2 | 2 | 0,012289338         | 1,5        | 0,018434008           |
| Fenster 3 | 3 | 0,125624349         | 2,31       | 0,290192245           |
|           |   |                     |            | <b>0,50 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Sanitär**

|  |  | Sanitärfläche / BGF | €/m²(Sf)*a |                       |
|--|--|---------------------|------------|-----------------------|
|  |  | 0,024758346         | 19         | <b>0,47 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung Türen**

|  |  | 961 | 0,24 | <b>0,01 €/m²BGF*a</b> |
|--|--|-----|------|-----------------------|

**Reinigung Außenwandbekleidung**

|             |   | Außenwandfläche / BGF | €/m²(AW)*a |             |
|-------------|---|-----------------------|------------|-------------|
| Außenwand 1 | 7 | 0,141183657           | 0,63       | 0,088945704 |
| Außenwand 2 | 7 | 0,019260484           | 0,63       | 0,012134105 |
| Außenwand 3 | 6 | 0,141183657           | 0,63       | 0,088945704 |
| Außenwand 4 | 4 | 0,019260484           | 0,19       | 0,003659492 |
|             |   |                       |            | <b>0,19</b> |

**Reinigung Sonnenschutz**

|  |  | Sonnenschutzfläche /BGF | €/m²(SSf)*a |                       |
|--|--|-------------------------|-------------|-----------------------|
|  |  | 0,097344497             | 1,25        | <b>0,12 €/m²BGF*a</b> |

**Reinigung gesamt**

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| Bodenreinigung normal | 2,29 €/m²BGF*a        |
| Bodenreinigung stark  | 1,49 €/m²BGF*a        |
| Fensterreinigung      | 0,50 €/m²BGF*a        |
| Reinigung Sanitär     | 0,47 €/m²BGF*a        |
| Türen                 | 0,01 €/m²BGF*a        |
| Außenwandbekleidung   | 0,19 €/m²BGF*a        |
| Sonnenschutz          | 0,12 €/m²BGF*a        |
|                       | <b>5,08 €/m²BGF*a</b> |

**jährliche Stromkosten inklusive Vergütung für BHKW-Strom als Barwert**

|                                      |           |  |                  |
|--------------------------------------|-----------|--|------------------|
| Endenergie Strom                     | €/kWh     |  |                  |
| 1.522.650                            | 0,0924942 |  | <b>140.836 €</b> |
| Endenergie erzeugter BHKW-Strom      |           |  |                  |
| 725.329                              | 0,0924942 |  | <b>67.089 €</b>  |
| Zuschlag nach KWKG-Gesetz bis 50kWel |           |  | <b>7.383 €</b>   |
| Zuschlag nach KWKG-Gesetz ab 50kWel  |           |  | <b>12.198 €</b>  |
| Steuerbefreiung                      |           |  | <b>13.019 €</b>  |
|                                      |           |  | <b>41.148 €</b>  |

**Barwert bis 6 Jahre für Heiz- und Stromkosten**

|                      | Barwert             |
|----------------------|---------------------|
| Heizkosten pro Jahr  | <b>82.698,79 €</b>  |
| Stromkosten pro Jahr | <b>41.148 €</b>     |
| Summe                | <b>123.846,35 €</b> |

**Barwert bis 6 Jahre für Heiz- und Stromkosten**

|                      | Barwert             |
|----------------------|---------------------|
| Heizkosten pro Jahr  | <b>82.698,79 €</b>  |
| Stromkosten pro Jahr | <b>60.729 €</b>     |
| Summe                | <b>143.427,35 €</b> |

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Barwert 50 Jahre | 5.355.446,14 € |
|------------------|----------------|

**Heizkosten**

|               | Heizwert | Endenergie | ME/a      | €/ME    | Grundpreis | Gesamtkosten |                       |
|---------------|----------|------------|-----------|---------|------------|--------------|-----------------------|
| Heizenergie 1 | 13       | 5          | 1.204.046 | 240.809 | 0,2075     | 420          | 50.387,92 €           |
| Heizenergie 2 | 13       | 5          | 778.575   | 155.715 | 0,2075     | 0            | 32.310,86 €           |
| Heizenergie 3 | 4        | 0,9        | 0         | 0       | 0          | 0            | 0,00 €                |
| Heizenergie 4 | 4        | 0,9        | 0         | 0       | 0          | 0            | 0,00 €                |
|               |          |            |           |         |            |              | <b>82.698,79 € /a</b> |

**Stromkosten**

|  | Endenergie | €/kWh     | Grundpreis | Gesamtkosten  |
|--|------------|-----------|------------|---------------|
|  | 0          | 0,0924942 | 0          | <b>0,00 €</b> |

**Energie gesamt**

|         |                    |
|---------|--------------------|
| Heizung | 82.698,79 €        |
| Strom   | 0,00 €             |
|         | <b>82.698,79 €</b> |

**Wasserkosten**

|              | Menge | €/ME | Grundpreis | Gesamtkosten       |
|--------------|-------|------|------------|--------------------|
| Frischwasser | 4.916 | 2,01 | 1.000,00   | 10.881,16 €        |
| Abwasser     | 4.916 | 2,14 |            | 10.520,24 €        |
| Niederschlag | 7133  | 1,1  |            | 7.846,30 €         |
|              |       |      |            | <b>29.247,70 €</b> |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|        | €         | %/a   | €/a           | Instandsetzung /Instandhaltung |       |               |
|--------|-----------|-------|---------------|--------------------------------|-------|---------------|
| KG 410 | 658.200   | 0,70% | 4.607         | 658.200                        | 0,55% | 3620,1        |
| KG 420 | 1.183.188 | 0,90% | 10.649        | 1.183.188                      | 0,50% | 5915,94       |
| KG 430 | 1.813.000 | 2,05% | 37.167        | 1.813.000                      | 2,40% | 43512         |
| KG 440 | 1.526.748 | 1,25% | 19.084        | 1.526.748                      | 0,65% | 9923,862      |
| KG 450 | 235.500   | 0,70% | 1.649         | 235.500                        | 0,25% | 588,75        |
| KG 460 | 759.500   | 2,05% | 15.570        | 759.500                        | 1,10% | 8354,5        |
| KG 470 | 673.000   | 1,60% | 10.768        | 673.000                        | 1,40% | 9.422         |
| Summe  |           |       | <b>99.493</b> |                                |       | <b>81.337</b> |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a       |             |
|-------|------------|----------|-------|-----------|-------------|
| KG300 | 20.469.919 | 50       | 0,60% | 122.820 € | 2.916.813 € |

**regelmäßige Zahlungen für Inspektion und Wartung**

|       | €          | Laufzeit | %/a   | €/a      |           |
|-------|------------|----------|-------|----------|-----------|
| KG300 | 20.469.919 | 50       | 0,10% | 20.470 € | 486.135 € |

**unregelmäßige Zahlungen für Ersatzinvestitionen**

|        | €         | Laufzeit | nach 25 Jahren | nach 50 Jahren | Summe nach 50a     |
|--------|-----------|----------|----------------|----------------|--------------------|
| KG 410 | 658.200   | 50       | 0 €            | 0 €            | 0 €                |
| KG 420 | 1.183.188 | 25       | 0 €            | 509.034 €      | 509.034 €          |
| KG 430 | 1.813.000 | 25       | 0 €            | 779.993 €      | 779.993 €          |
| KG 440 | 1.526.748 | 25       | 0 €            | 656.841 €      | 656.841 €          |
| KG 450 | 235.500   | 25       | 0 €            | 101.317 €      | 101.317 €          |
| KG 460 | 759.500   | 25       | 0 €            | 326.754 €      | 326.754 €          |
| KG 470 | 673.000   | 25       | 0 €            | 289.540 €      | 289.540 €          |
| Summe  |           |          |                |                | <b>2.663.478 €</b> |